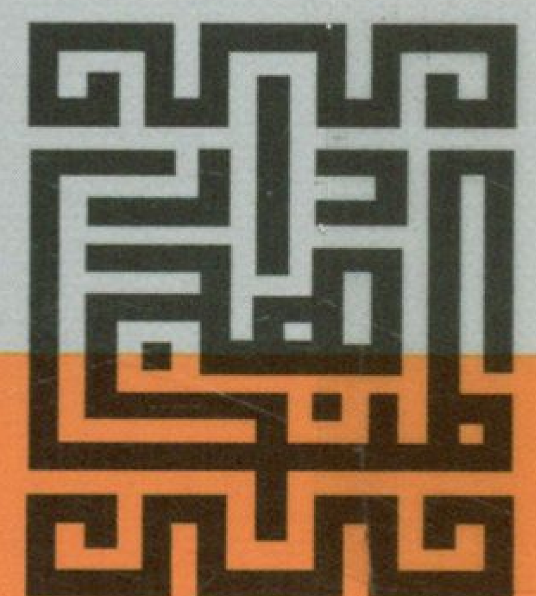
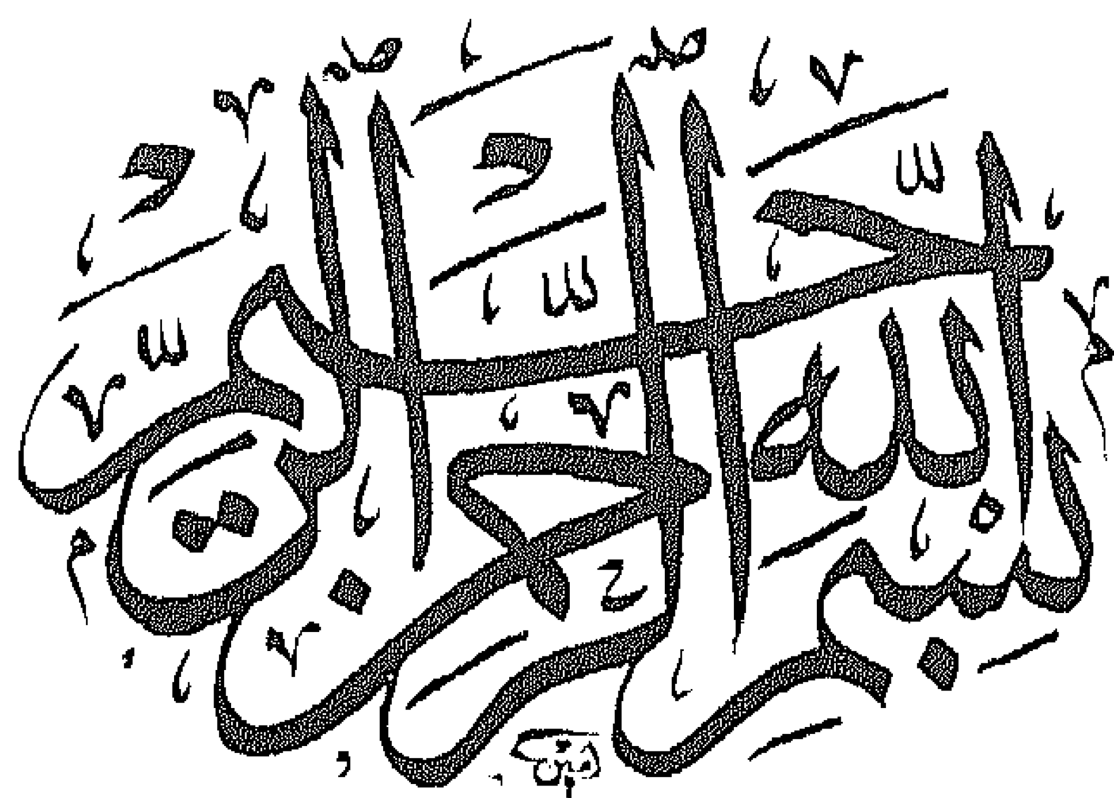
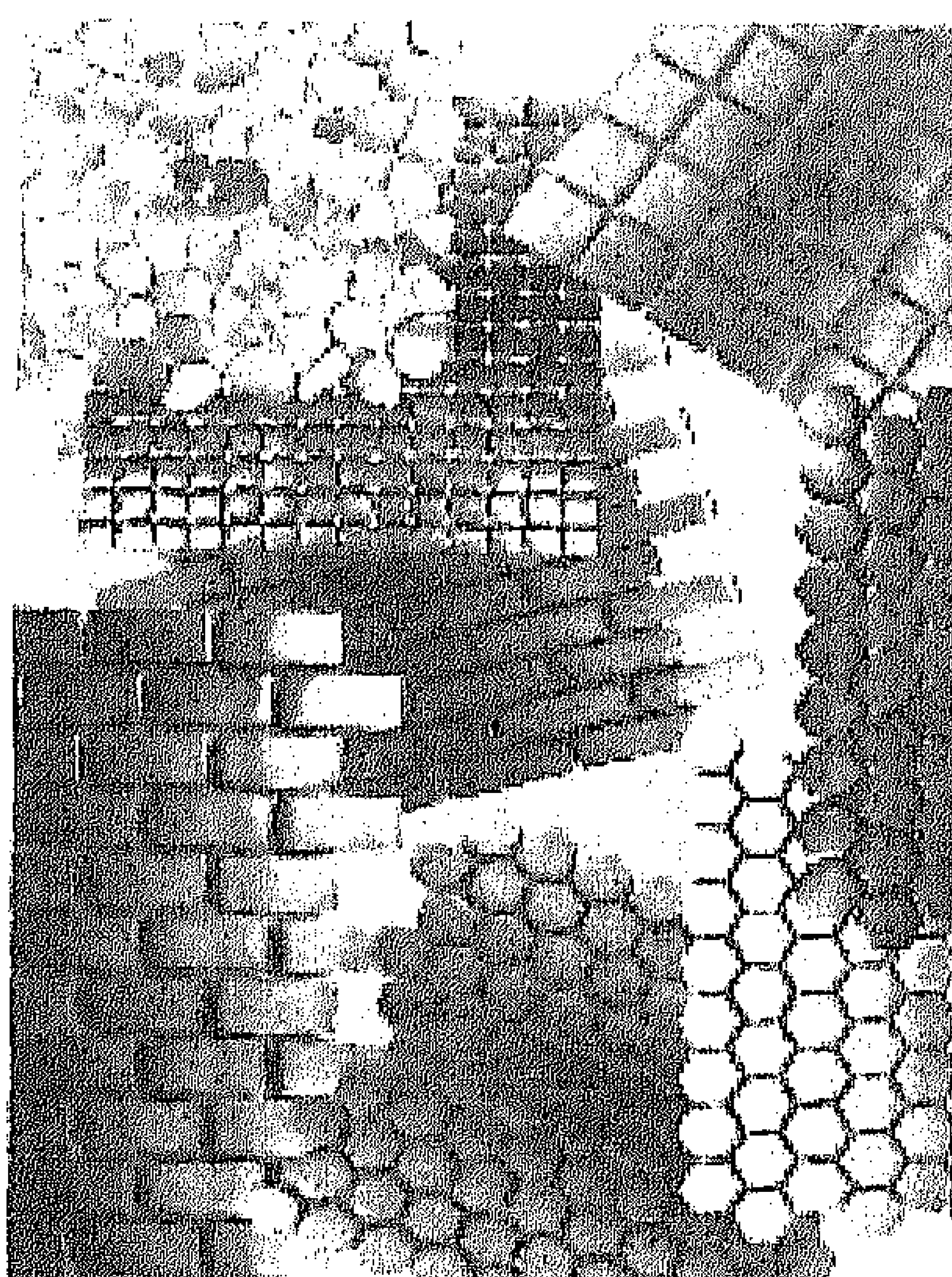
المواد الهندسية والمعادن

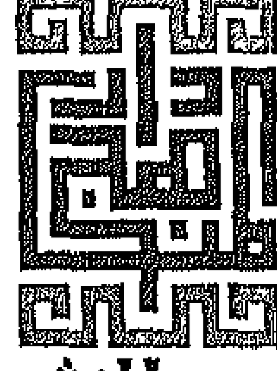
المهندس
محمد بشير الدهشان







المواد
الهندسية
والمعادن



دار المناهج للنشر والتوزيع
عمان /الأردن / شارع الملك حسين
بناية الشركة المتحدة للتأمين
هاتف 4650624 فاكس 4650664
ص.ب / 215308عمان 11122 الأردن

Dar Al-Manahej
Publishers & Distributor
Tel : (00962 6) 4650624
fax: 009626 4650664
Amman-King Hussein St.
P.O.Box: 215308 Amman 11122 Jordan
www.daralmanahej.com
info@daralmanahej.com
manahej9@hotmail.com
fayiz@daralmanahej.com

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبات والوثائق الوطنية
2009/10/4605

18،624
الدهشان محمد بشير
المواد الهندسية والمعادن / محمد بشير الدهشان، شذا صالح
عمان دار المناهج 2009
( ) ص
ر.إ: 4605/10/2009
الواصفات: الهندسة // المواد الهندسية // المعادن/
* تم إعداد بيانات الفهرسة والتصنيف الأولية من قبل دائرة المكتبة الوطنية

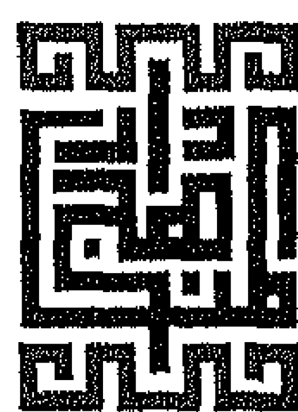
المواد الهندسية والمعادن

تأليف

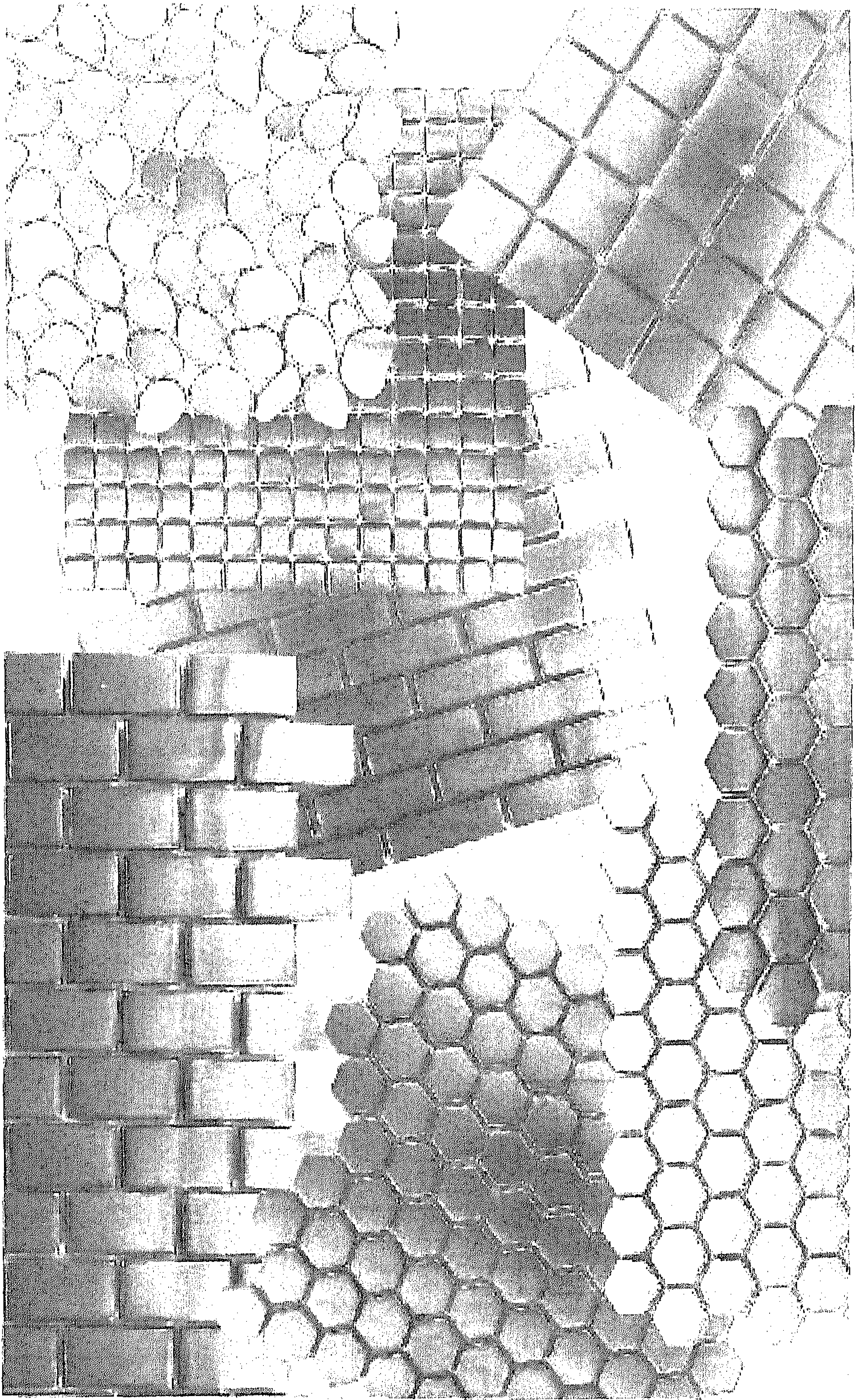
المهندس : محمد بشير الدهشان

جامعة البلقاء التطبيقية

كلية القدس/ هندسة العمارة



دار المناهج للنشر والتوزيع



المحتويات

الوحدة الأولى

مقدمة في علم المواد الهندسية

الوحدة الثانية

بنيـة المواد

الوحدة الثالثة

المحاليل الصلبة ومنحنيات الاتزان

الوحدة الرابعة

الخواص الميكانيكية واختباراتها

الوحدة الخامسة

الخواص الكهربائية للمواد

الوحدة السادسة

الخواص المغناطيسية للمواد

الوحدة السابعة

التحكم بالخواص الميكانيكية للمواد بواسطة المعالجات الحرارية

مقدمة

يعتبر علم المواد الهندسية من أهم العلوم التي تلعب دورا هاما وأساسيا في تحديد خواص المواد وقابليتها للاستخدام في جميع المجالات الإنشائية منها والصناعية وغيرها .

ولا يخفى على احد أن علم المواد هو علم مستقل منذ القدم حيث بدأ باستخدام الحديد وتشكيله ومن هنا تبرز أهمية إصدار هذا الكتاب الشامل الذي تناولت فيه علم المواد الهندسية منذ نشأته مرورا بتطور هذا العلم وانتهاء بالتجارب الحديثة التي أجريت على المواد لتحسين خواصها وبنيتها .

حيث تناولت في هذا الكتاب كل ما يتعلق بعلم المواد وخواصها الميكانيكية والكهربائية والمغناطيسية وغيرها ، راجيا من الله العلي القدير ان أكون قد وفقت في تقديم المعلومات الهامة والدقيقة التي يبحث عنها طلاب العلم في التخصصات الهندسية وحتى المهندسين وأصحاب الاختصاص في هذا المجال..

والله ولي التوفيق ،،،

1

الوحدة الأولى

مقدمة في علم المواد الهندسية

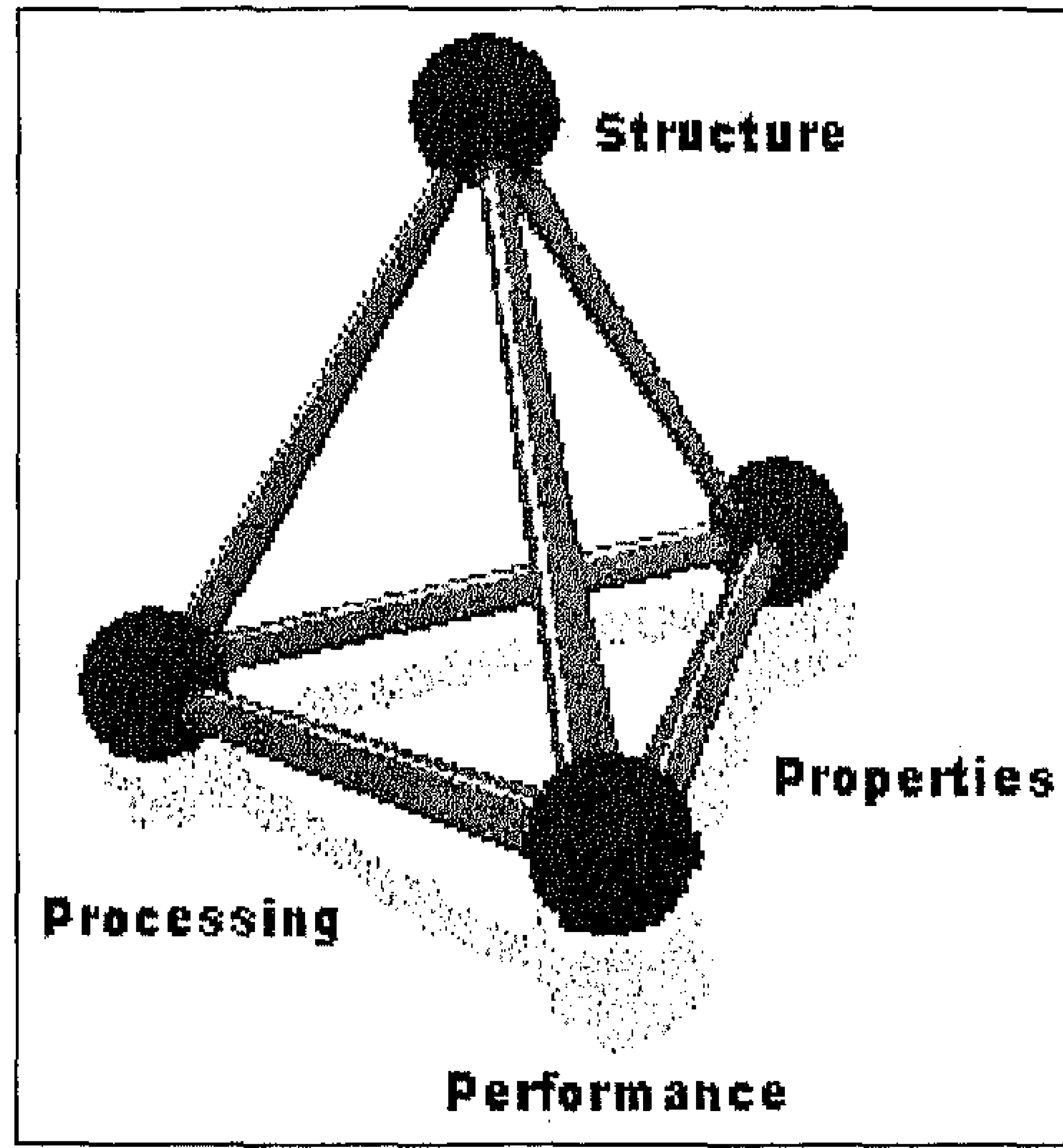
Introduction to engineering materials




14

مقدمة في علم المواد الهندسية

علم المواد الهندسية



علوم و هندسة المواد هو تخصص متداخل يتضمن دراسة خواص المواد و تطبيقاتها ضمن التطبيقات المختلفة للعلوم و الهندسة. تتضمن علوم المواد حقول من الفيزياء التطبيقية و الكيمياء، إضافة للهندسة الكيميائية و الهندسة الميكانيكية، الهندسة المدنية و الهندسة الكهربائية. يتركز الاهتمام الإعلامي حاليا على جميع تطورات علوم المواد. مازال تدريس هذه العلوم بشكل مستقل في العديد من الجامعات موضع بحث. و تنقسم المواد الهندسية بحسب طبيعتها إلى:

(أ) الفلزات و سبائكها.

(ب) الخزفيات.

(ج) البوليمرات.

كانت المواد المستخدمة في أي عصر من العصور هي ما يحدد اسم هذا العصر، فقد كان هناك العصر الحجري، والعصر البرونزي كأمثلة على ذلك. ويعتبر علم المواد أحد أقدم أشكال الهندسة والعلوم التطبيقية.

تاريخ وتطور علم المواد

برع العلماء المسلمون قديماً في هذا العلم وخصوصاً في علم المعادن. نذكر منهم: ابن سينا والذي يعتبر أول من درس وصنّف المعادن، والبيروني مؤلف كتاب "الجاهر في معرفة الجواهر" الذي يتناول علم المعادن، والتيفاشي صاحب كتاب "أزهار الأفكار في جواهر الأحجار" الذي يصف فيه المعادن والأحجار الكريمة، وكذلك ابن الاكفاني مؤلف كتاب "نخب الذخائر في أحوال الجواهر".

وقد تطور علم المواد الحديث من دراسة المعادن (بالإنجليزية: metallurgy) التي تطورت بدورها من مجال التعدين. وقد حدثت طفرة كبيرة في فهم علوم المواد أثناء القرن التاسع عشر عندما أثبت ويلارد جيبس (بالإنجليزية: Willard Gibbs)أن الخواص الديناميكية الحرارية (الثرموديناميكية) المتعلقة بالتركيب الذري في مختلف حالات المادة ترتبط بالخواص الفيزيائية للمادة، وقد جاءت الكثير من المواد الجديدة كنتيجة للسباق الفضائي، ومن بينها السبائك المعدنية ومواد الكربون والسيليكون التي تستخدم في بناء مركبات الفضاء، وقد كان علم المواد عاملا دافعا لتطوير تقنيات لمواد أحدثت تغيرات ثورية مثل البلاستيك وأشباه الموصلات مثل (السيليكون و الأنتيمون).

أساسيات علوم المواد

في علم المواد، بدلا من البحث بشكل عشوائي عن مواد جديدة ومحاولة استكشاف خواصها، يكون الهدف هو فهم المواد على نحو جوهري حتى يمكن إنشاء مواد جديدة يكون لها الصفات المطلوبة. ويتضمن أساس علم المواد ربط المواصفات المطلوبة والأداء النسبي لإحدى المواد في نطاق تطبيق معين ببنية الذرات وحالات المادة وذلك من خلال عملية التوصيف. أما أهم العوامل المحددة لبنية المادة وبالتالي خواصها فهي العناصر الكيميائية المكونة لها والطريقة التي تم معالجتها من خلالها للوصول إلى الصورة النهائية. وهذه العوامل إذا تم التعامل معها معا وربطها بقوانين الديناميكا الحرارية، فهي تحكم الهيكل الدقيق (بالإنجليزية: microstructure) للمادة وبالتالي خواصها.

عيوب المواد

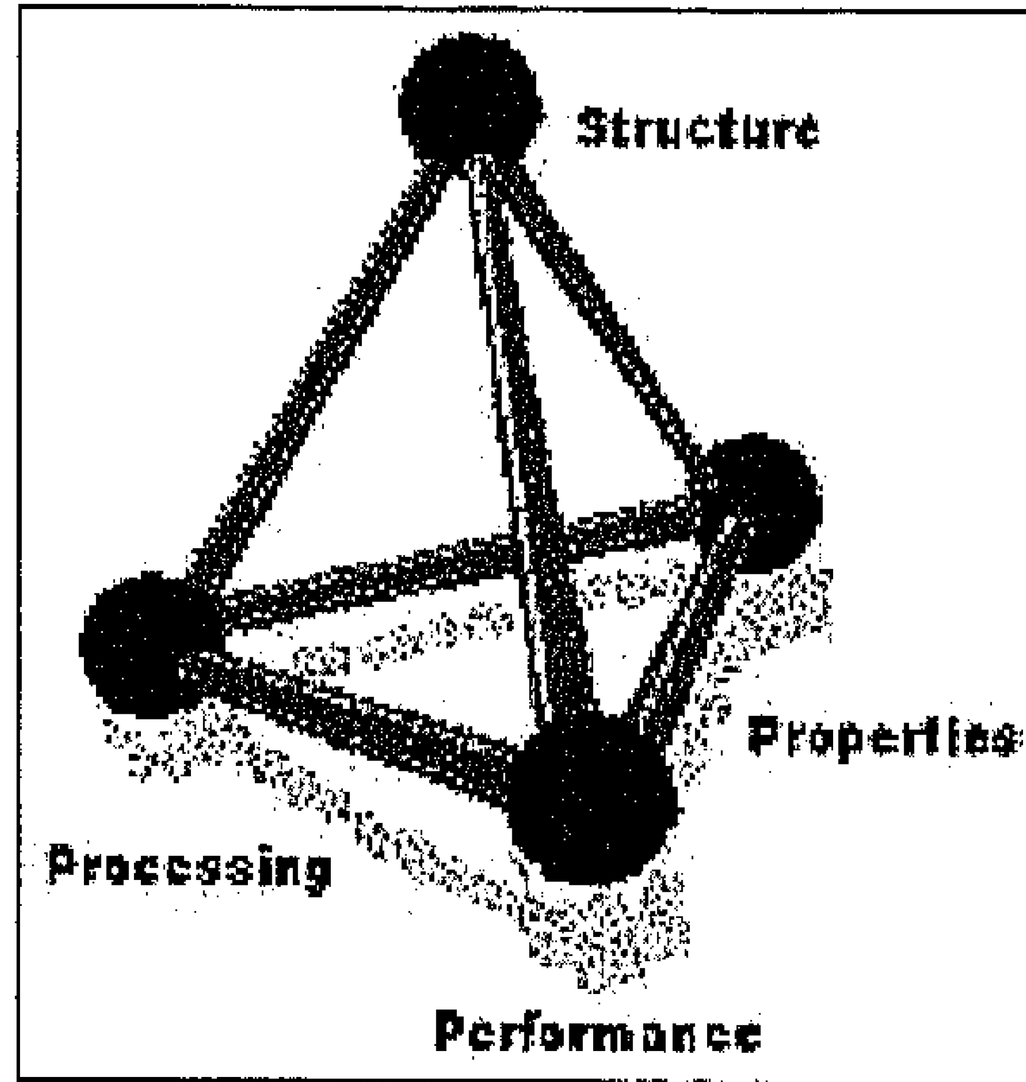
وهناك مقولة قديمة في علم المواد تقول: المواد مثل البشر، عيوبها هي التي تجعلها مثيرة للاهتمام. وتعد صناعة بلورة بدون عيوب لإحدى المواد حاليا غير ممكنة فيزيائيا. وبدلا من ذلك يقوم علماء المواد بالتحكم في العيوب الموجودة في المواد المتبلورة، (بالإنجليزية: crystalline materials)، وهذه العيوب مثل الرواسب وحدود الحبيبات (بالإنجليزية: grain boundaries) والذرات الدخيلة (بالإنجليزية: interstitial atoms) والفجوات (بالإنجليزية: vacancies) أو الذرات التبديلية (بالإنجليزية: substitutional atoms)، وذلك من أجل تكوين مواد يكون لها الخواص المطلوبة.

هيكل وبنية المواد

وليس لجميع المواد هيكل بلوري منتظم، فاللدائن يبدو عليها درجات مختلفة من التبلور، أما الزجاجيات وبعض أنواع الخزفيات والعديد من المواد الطبيعية هي عديمة الشكل (بالإنجليزية: amorphous) وليس لديها أي تنظيم طويل المدى في التشكيل الذري، وهذه المواد أصعب كثيرا في معالجتها وتشكيلها أكثر من المواد المتبلورة.

تقسيم المواد

ويمكن تقسيم المواد إلى ثلاثة أقسام هي: المعادن، اللدائن، الخزفيات والسيراميك. وكل قسم له خواصه الفيزيائية والكيميائية المميزة



غالباً ما يتضمن رباعي الوجوه الممثل لعلم المواد توصيفاً للمواد في الوسط

أصناف المواد (حسب نوع الرابط)

1. بللورات شاردية
2. البللورات التكافؤية
3. معادن (Minerals)

4. الفلزات و سبائكها(Metals and Alloys)
5. Intermetallics
6. انصاف نواقل(أشباه موصلات) Semiconductors
7. بوليمرات
8. مواد مركبة
9. materials Vitreous

تصنيف المواد الهندسية (Materials Classifications):

يمكن تصنيف هذه المواد إلى:

1-المواد المعدنية: والتي يمكن تصنيفها إلى:

أ- المواد الحديدية: وهي المواد التي يشكل الحديد النسبة الأكبر من مكوناتها.

ب- المواد اللاحديدية: وهي المعادن التي لا يدخل الحديد في تركيبها. نذكر على سبيل المثال الألمنيوم و النيكل... إلخ.

2- المواد اللامعدنية: وهي المواد التي لا تدخل المعادن في تركيبها أو إنها تدخل في التركيب بشكل آخر (اكاسيد أو نترات..إلخ).

3-المواد الخزفية

4-المواد المتماثرات: ما يتم تسميته بالبلاستيك

5-المواد نصف الناقلة.

6-المواد الأخرى: الخشب والمطاط...إلخ.

قد يرد تساؤل وهو من تصنيف المـواد الهندسـية وجـود مـواد معدنيـة و مـواد غـير معدنية (اللامعدنية).. فما الفرق بين هذه وتلك ؟؟

الفرق يكمن في التالي..

تأثير عنصر الكربون في خصائص خام الحديد وتكوين أنـواع متعـدد مـن الـصلب هذا هو أحد الفروق بين المواد الحديدية و المواد غير الحديدية.. كـذلك أن المـواد الحديديـة تتفاعل مع الأكسجين مكونة طبقة الأكسيد بالإضافة لـتأثرها بالمجال المغناطيسي.

معلومة

المواد الهندسية هي كل ما يمكن أن يوجد في الحياة العامة مـن مـواد قابلـة للتـصنيع والاستثمار الهندسي.

ظهر في ربع القرن الماضي قسم هندسي عام يهتم بـالمواد وهـو علـم المـواد الهندسـية (بالانكليزية Material Science and Engineering) والذي هو في الحقيقة مزيج من الدراسات العلمية الأساسية والهندسية العلمية. تطـور هـذا العلـم ليـشمل مـساهمات في مجالات تقليدية مثل علم المعادن وهندسة السيراميك وكيمياء البوليميرات وفيزياء الجـسم الصلب والكيمياء الفيزيائية.

تصف كلمة علم المبادئ الأساسية في بنيـة المـواد وتـصنيفها. وتـصف كلمـة المـواد الأنواع الأربع للمواد الإنشائية. أما كلمة هندسة فتعني وضع المـواد في العمـل، وتنـاقش المظاهر الأساسية لتدهور خواص المواد ومسألة إنتاجها واختبار المواد لتطبيقات معينة.

يطرح طالب الهندسة عندما يـصادف إحـدى المـشكلات المتعلقـة بـالمواد الهندسـية السؤال البسيط التالي:

ما هي المواد المتاحة لي؟. تنحصر الإجابة على هذا السؤال في نظم التصنيف المتنوعة للمواد. هنا يتم التمييز بين عدة أصناف تشمل مواد التطبيقات الهندسية وهي:

- **المواد المعدنية:** والتي يمكن تصنيفها إلى:
  - المواد الحديدية: وهي المواد التي يشكل الحديد النسبة الأكبر من مكوناتها.
  - المواد اللا حديدية: وهي المعادن التي لا يدخل الحديد في تركيبها. نذكر على سبيل المثال الألمنيوم و النيكل... إلخ.
- **المواد اللامعدنية:** وهي المواد التي لا تدخل المعادن في تركيبها أو إنها تدخل في التركيب بشكل آخر (اكاسيد أو نترات..إلخ).
  - المواد السيراميكية و المواد الزجاجية
  - المواد اللدنة: ما يتم تسميته بالبلاستيك
  - المواد نصف الناقلة.
  - المواد الأخرى: الخشب والمطاط...إلخ.
  - كما يمكن إضافة المواد المركبة ضمن هذا التصنيف

توجد معظم المواد على صورة خام يستخرج من القشرة الأرضية أو سبائك (خليط من مادتين أو أكثر) أو مواد أخرى مصنعة.ونظرا لأهمية هذه المواد في حياة الإنسان فقد ورد ذكر بعض منها في القرآن الكريم ومنها الحديد في قوله تعالى... **﴿وأنزلنا الحديد فيه بأس شديد ومنافع للناس﴾** ....الآية (سورة الحديد آية 25 وقوله تعالى: **﴿ءاتوني زبر الحديد حتى إذا ساوى بين الصدفين قال انفخوا حتى إذا جعله نارا قال ءاتوني أفرغ عليه قطرا﴾** (سورة الكهف آية 96. والنحاس في قوله تعالى **﴿يُرْسَلُ عَلَيْكُما شُوَاظٌ مِّن نَّارٍ وَنُحَاسٌ فَلا تَنْتَصِرَانِ.﴾** وهذه الآيات وغيرها من الشواهد في

حياتنا اليومية تدل على أهمية هذا العلم ودوره في تقدم ورقي الدول، وكل ما نشاهده ونبهر به من الصناعات أساسه يبدأ من المادة وطرق التعامل معها .

ويمكن تقسيم المواد إلى ثلاثة أقسام هي: المعادن, اللدائن, الخزفيات والسيراميك . وكل قسم له خواصه الفيزيائية والكيميائية المميزة، وتجدر الإشارة هنا إلى انه لابد من فهم جميع هذه الخواص والعوامل المؤثرة عليها وطرق تغييرها باستخدام المعالجات الحرارية ومخططات الاتزان الحراري .وفي هذا الموقع المتواضع نحاول إيصال ولو جزء يسير من المعلومات عن هذه المواد وخاصة الحديد والفولاذ وحديد الزهر والألمونيوم والنحاس بالإضافة إلى بعض السبائك.

علم المعادن

علم المعادن (Mineralogy) هو علم من علوم الأرض، والذي يختص بدراسة الخواص الكيميائية، الفيزيائية، الضوئية والتركيبة الكرستالية للمعادن. هناك فروع (دراسات متخصصة) في علم المعادن تضم البحث في أصول ومراحل تشكل المعادن، تصنيفها، توزيعها الجغرافي، بالإضافة إلى طرق استخدامها.

1. الكوارتز.
2. الماجنتيت.
3. الفلسبار.
4. الكبريت.
5. اولفين.
6. البيروكسين.

يمكن تعريف المعدن بأنه ماده غير عضويه تكونت تحت الظروف الطبيعيه من ضغط وحرارة.. وله تركيب بلوري داخلي ثابت ويظهر أحيانا على شكل بلورات ويوجد على شكل متبلور في أغلب الأحيان. ويلاحظ من التعريف السابق أن المعدن هو مادة توجد في الطبيعة وليس للإنسان أو الحيوان أو النبات دخل في تكوينها. كما نلاحظ أن التركيب الكيميائي ليس كافيا لتحديد المعدن حيث أنه لا بد أن نعرف التركيب البلوري الذي يتحكم في كثير من من الصفات الطبيعية للمعدن مثل:

- الصلابة
- الوزن النوعي أو الكثافة
- اللون
- الانفصال
- لون المخدش
- البريق
- الشفافية

وتوجد المادة الكيميائية على صورة معدن أو أكثر يختلف كل منها تمام الاختلاف عن الآخر فمثلا يوجد الكربون في الطبيعة على صورة معدن الألماس وهو أصلب المعادن المعروفة كما يوجد على صورة معدن الجرافيت وهو أقل المعادن صلابة وقد تمكن العلماء حتى الآن م نوصف أكثر من ألفين معدن مختلف إلا أن جميع المعادن الشائعة التي تدخل في تركيب الصخور وكذلك المعادن الإقتصادية لا تتجاوز مئتي معدن فقط. الأنظمة البلورية توجد المعادن في أشكال بلورية مختلفة والبلورة عبارة عن جسم من وسط صلب متجانس التركيب الكيميائي ويحدها أسطح ومستويات طبيعية تعرف باسم أوجه البلورة وتتميز

بوجود علاقات تماثل معينة ويكمن تقسيم البلورات إلى سبعة نظم بلورية وذلك على أساس أطوال المحاور البلورية أ،ب، ج، والزوايا البلورية، والنظم البلورية السبع هي:

- نظام المكعب
- نظام الرباعي
- نظام السداسي
- نظام الثلاثي
- نظام المعيني القائم
- نظام أحادي الميل
- نظام ثلاثي الميل

التصنيف الكيميائي للمعادن يوجد المعدن على شكل مركب كيميائي يمكن بواسطة التحليل الكيميائي تحديد العناصر المكونة لهوأيضا معرفة معادلته الكيميائية وتوجد عدة طرق لتقسيم المعادن بيد أن التصنيف الكيميائي يعد من أبسط وأشمل الطرق لتقسيم المعادن، وهو التصنيف المتبع في معظم جامعات و متاحف الجيلوجيا في الوقت الحاضر.

وتقسم المعادن من حيث تركيبها الكيميائي إلى عدة مجموعات كما يلي

- مجموعة المعادن العنصرية: مثل الذهب والماس والكبريت.
- مجموعة المعادن الكبريتيدات: وهي المعادن التي يتحد فيها الكبريت مع العناصر الأخرى، مثل الجاليناوالبايرايت

- مجموعة معادن الأكاسيد: وهي المعادن الناتجة عن اتحاد الأكسجين بالعناصر الأخرى، مثل الكوارتز والهيماتايت والليمونايت.
- مجموعة الهاليدات: وهي المعادن التي تتحد عناصرها مع عناصر الهالوجين فلور، كلور، بروم، يود) مثل معدن الهالايت والفلورايت.
- مجموعة معادن الفوسفات: وهي المعادن التي تتحد عناصرها مع مجموعة الفوسفات مثل معدن الأباتايت.
- مجموعة معادن الكربونات: وهي المعادن التي تتحد عناصرها مع مجموعة الكربونات مثل الكالسايت والدولومايت.
- مجموعة معادن الكبريتات: وهي معادن التي تتحد عناصرها مع مجموعة الكبريتات مثل الانهيدرايت والجبس.
- مجموعة معادن السيليكات: وهي المعادن التي تتكون نتيجة اتحاد مجموعة السيليكا مع عنصر أو أكثر. وتعد السيليكات من أكبر مجموعات المعادن.

علم المعادن عند العرب

ابن سينا (أبو الحسن على الحسين بن عبد الله ابن سينا المتوفي عام 428 هجرية / 1049

* هو المؤسس الرئيسي لعلم الأرض (الجيولوجيا)

* أول من درس المعادن وقسمها إلى أربعة أقسام: الاحجار والذائبات والكباريت (أو الكبريتيدات) والأملاح (أو المتبخرات)

البيروني (أبو الريحان محمد بن أحمد البيروني المتوفي بغزنة بالهند عام 440 هجرية / 1061 ميلادية)

* ويعتبر كتابه ((الجماهر في معرفة الجواهر)) أروع ما كتب العرب في علم المعادن

* درس الكثير من المعادن ، كما أنه فرق بين المعادن والفلزات.

التيفاشي (شهاب الدين أبو العباسي أحمد بن يوسف التيفاشي القيسي المتوفي بالقاهرة عام 651 هجرية / 1271 ميلادية)

- كتابه ((أزهار الأفكار في جواهر الأحجار)) منهجا علميا لدراسة المعادن والأحجار الكريمة.

ابن الأكفاني (محمد بن إبراهيم بن ساعد السنجاري المتوفي بالقاهرة عام 749 هجرية / 1369 ميلادية)

* الف كتاب ((نخب الذخائر في أحوال الجواهر)) وقدم فيه وصفا لأربعة عشر حجرا من الأحجار الكريمة.

من خلال العينات التي تم جمعها وتحليلها بواسطة الجيولوجيون أمكن التوصل إلى معرفة متوسط التركيب الكيميائي للجزء الخارجي من الغلاف اليابس للكرة الأرضية (أنظر الجدول) رقم (1)

التركيب الكيميائي للقشرة الأرضية

اسم العنصر	الرمز	النسبة المئوية
الأكسجين	O2	46,71٪
السليكون	Si	27,69٪
الألومنيوم	Al	8,07٪
الحديد	Fe	5,05٪
الكالسيوم	Ca	3,65٪
الصوديوم	Na	2,75٪
البوتاسيوم	K	2,58٪
المغنسيوم	Mg	2,08٪
المجموع		98,58٪

* ثمانية عناصر من أثنين وتسعين عنصرا الموجودة في الطبيعة تكون حوالي 99 بالمائة من وزن القشرة الأرضية أما بقية العناصر تكون فقط واحد بالمائة من تركيب القشرة الأرضية

* الأكسجين أكثر العناصر انتشارا وهو لايوجد حر طليق وإنما مرتبط كيميائيا بعناصر أخرى في صخور القشرة الأرضية وكذلك الحال لباقي العناصر الثمانية.

طبيعة المعادن

يعتبر الجيولوجيون المعادن مواد نهائية مستقرة ومنتجات لعمليات طبيعية كثيرة ومتفرعة.

معظم الصخور يتكون من خليط من المعادن والقليل منها يتكون من معدن واحد مثل الحجر الجيري (يتكون من معدن واحد هو الكالسيت) الغالبية العظمى من المعادن تتواجد في الطبيعة مكونه عروق ومالئة للفجوات وهذه المعادن تكون ذات قيمة اقتصادية وتعرف باسم الخامات ومنها تستخرج الفلزات.

تعريف المعدن ((حسب ما أصطلح عليه جيولوجي المعادن))

* المعدن يتكون طبيعيا لا دخل للإنسان أو الحيوان في تكوينه وعلى ذلك بعض المواد مثل الصلب والزجاج لا تعتبر معادن لقيام الإنسان باستخلاصها وكذلك مواد مثل الفحم والبترول لا تعتبر معادن لأن لها أصل عضوي.

- بعض المواد قد توجد طبيعيا وتنطبق عليها كل الشروط السابقة ولا تعتبر معدن مثل مادة (أمري) وذلك لأنه يمكن فصلها إلى معدنين مختلفين هما الكوراندوم والماجنتيت.

* المعدن لابد وأن يكون عنصرا أو مركب كيميائي بحيث يمكن التعبير عنه بقانون كيميائي وكذلك يخضع لقانون النسب الثابتة والمضاعفة ، طالما أن المادة متعادلة كهربيا حتى وأن حدث استبدال ذرة مكان أخرى فأن هذا لا يغير من طبيعتها كمعدن.

SiO_2 - الكوارتز مثلا

نجد أن نسبة السليكون إلى الأكسجين هي 1 : 2 بالترتيب

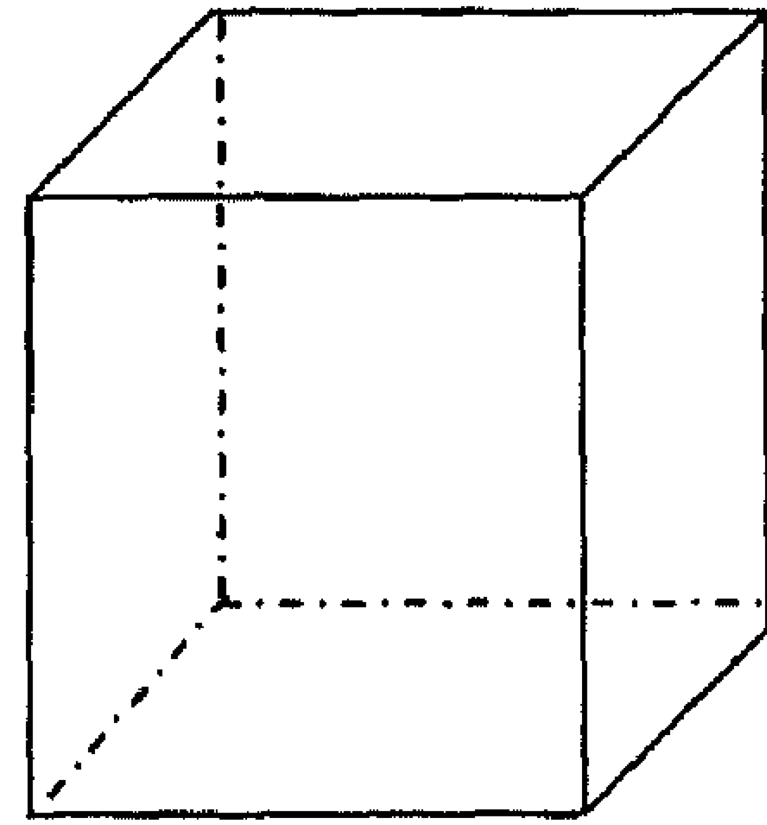
* نسب الذرات في المعدن عند تكونه تكون محفوظة وبالتالي ينتج عن ذلك ترتيب الذرات هندسيا في الأبعاد الثلاثة وعندما يكون المعدن حرا في نموه فأن النظام الذري يعكس نفسه في الخارج عن طريق السطوح التي تحد المعدن وينتج تكوين بلورة.

علم البلورات

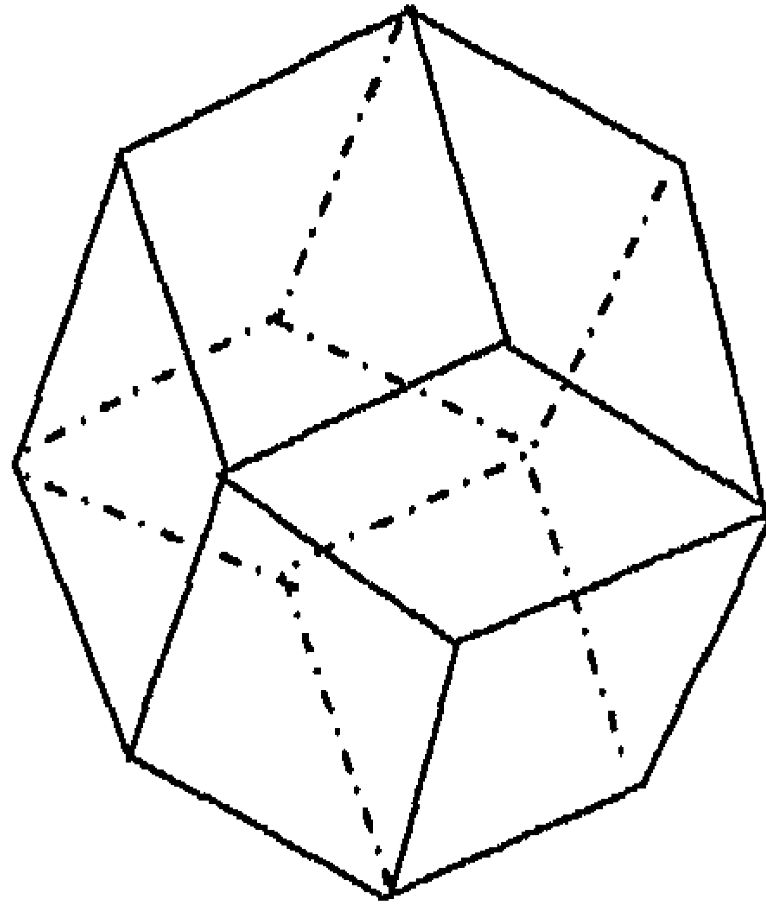
علم يختص بدراسة البلورات والمواد المتبلورة.

من المعروف أن المواد المتبلورة توجد في الطبيعة في حالة حبيبات منفردة أو مجموعات.

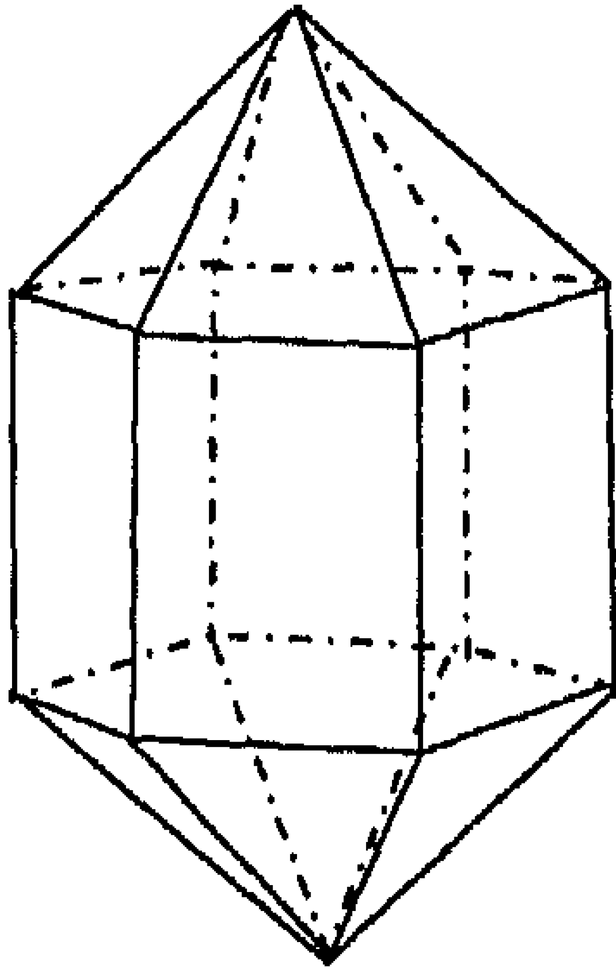
البلورة: جسم صلب متجانس يحده أسطح مستوية تكونت بفعل عوامل طبيعية تحت ظروف مناسبة من الضغط والحرارة ، والأسطح المستوية تعرف بالأوجه البلورية.



شكل (1)



شكل (2)



شكل (3)

* الأوجه البلورية: هي عبارة عن تعبير عن البناء الذرى الداخلي للمادة المتبلورة

عملية التبلور: هي العملية التي تنتج لنا البلورات.... وهي عملية تحدث أمام أعيننا إذا ما تبخر ماء البحر أو المحاليل المشبعة، أو برد مصهور ببطء أو تكثف غاز إلى الحالة الصلبة مباشرة ، وكذلك عند تجمد الماء في المناطق الباردة فإنه ينتج بلورات الثلج السداسية الشكل.

تقسيم البلورات حسب الأوجه البلورية

1euhedral - بلورات كاملة الأوجه

حينما تكون جميع الأوجه موجودة

2Subhedral - ناقصة الأوجه

يكون جزء من الأوجه متكون والباقي غير موجود

3Anhedral - عديمة الأوجه

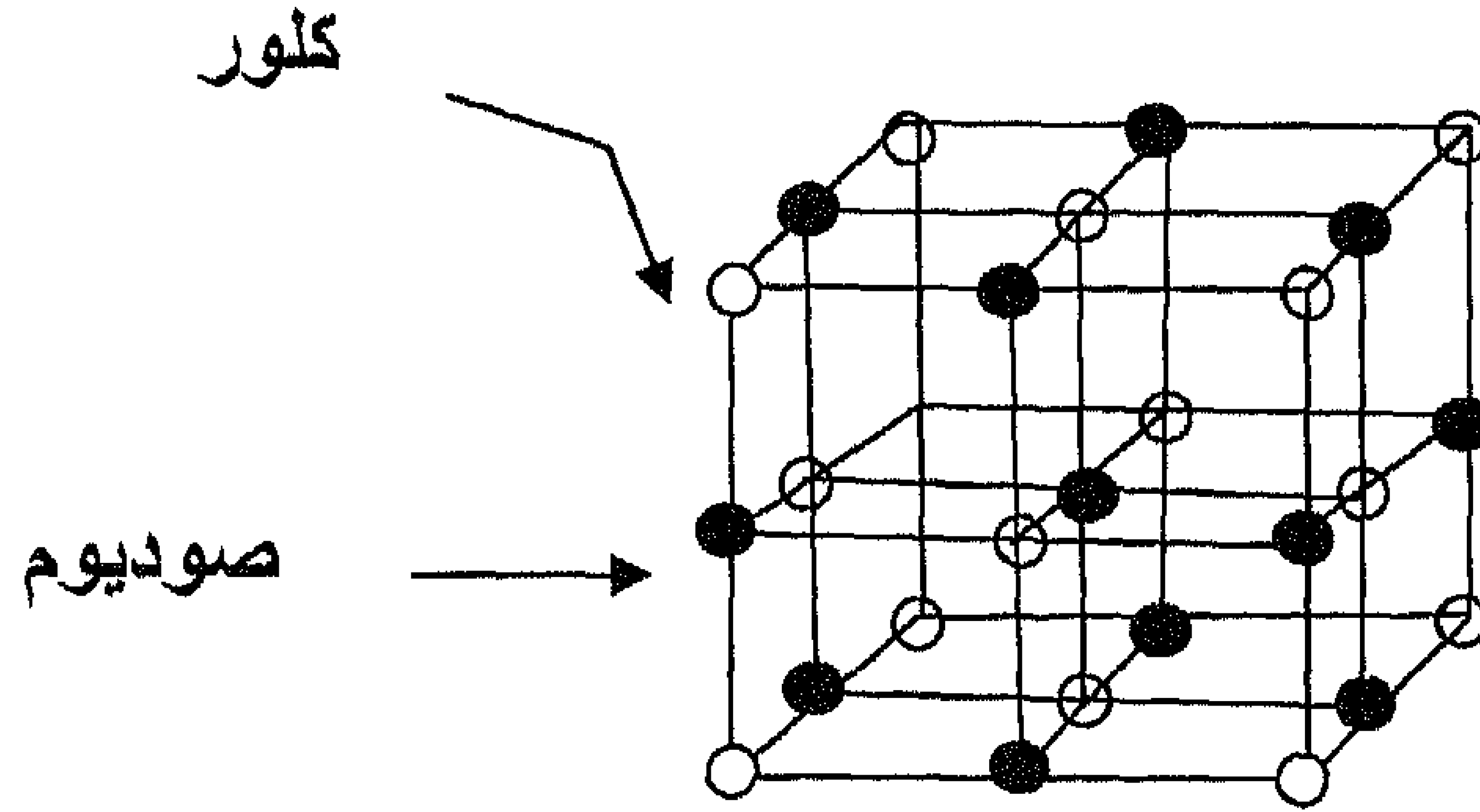
في هذه الحالة تكون المادة المتبلورة عبارة عن حبيبات لا يحدها أوجه بلورية، Crystallineaggregateالحبيبات في هيئة مجموعات وغالبا ما توجد هذه تشترك جميع هذه الأنواع في أن لها بناء ذري داخلي منتظم (أي أن الذرات مرتبه هندسيا في الإتجاهات الفراغية الثلاثة).

من ذلك يتضح أنه ليس من الضروري وجود أوجه بلورية تحد المعدن من الخارج اذ أن هذه الأوجه رهن بالظروف المحيطة بالمادة المتبلورة أثناء عملية التبلور.

على ذلك يمكن تعريف البلورة بأنها كل مادة صلبة متجانسة ذات بناء ذري داخلي منتظم.

* فإذا ما كانت هذه المادة المتبلوره ذات أوجه طبيعية مرتبة في نظام هندسي ويمكن رؤية هذه الأوجه بالعين المجردة أو بالعدسة المكبرة سميت بلورة.

كما في بلورات الهاليت (كلوريد الصوديوم) الشكل ادناه.



* إذا كانت المادة الصلبة ينقصها البناء الذري المنتظم فتوصف بأنها مادة غير متبلورة.

وتكون المعادن الغير متبلورة في مملكة المعادن قلة وهي تعتبر استثناء وليست قاعدة مثل معدن الإوبال والكريزوكولا.

والكريزوكولا (سيليكات النحاس)SiaO2.nH2O(الأوبال. ونظرا لأن البناء الذري غير منتظم في هذه المعادن فإن تركيبها الكيميائي غير ثابت وبالتالي لا يمكن التعبير عنه بقانون كيميائي.فمثلا نسبة الماء في معدن الأوبال تتراوح مابين 4 و9 من وزن المعدن. أما في معدن الكريزوكولا فأن كميات النحاس والماء متغيرة في مدى كبير وليست ثابتة تصل 30٪

* إذا الفرق بين المادة المتبلورة والغير متبلورة في البناء الداخلي فإذا وجدت الأوجه البلورية فإنه يمكن التفريق بين المادة المتبلورة وغير المتبلورة

* أما في حالة عدم وجود أوجه بلورية فإنه لا يمكن التفريق بين المادة المتبلورة وغير المتبلورة إلا باستعمال المجهر المستقطب وفي بعض الأحيان بواسطة الأشعة السينية.

مقدمة مختصرة عن البوليمر ....

إن كلمة (بوليمر) لاتينية الأصل وهي مركبة من مقطعين هما بولي polyوتعني متعدد ومر mer وتعني جزء أو وحدة، لذلك polymer تعني متعدد الأجزاء أو متعدد الوحدات. وعرف الإنسان البوليمر منذ القدم واستخدم المنتوجات النباتية و الحيوانية البوليمرية لأغراض مختلفة في حياته اليومية. فقد استخدم الإنسان القار "pitch" و الراتنجات "resin" النباتية فعرف الصمغ "gum " و المطاط "rubber" قبل آلاف السنين.والآن تعد البوليمرات العضوية ذات أهمية بالغة في حياة الإنسان إذ تدخل لفي الوقت الحاضر في مكونات غذائه وكسائه ومسكنه، فهو ينتفع من النشويات والسكريات والبر وتينات في الغذاء ويستخدم القطن والصوف والحرير وجلود الحيوانات في صنع الملابس كما يستفيد من الخشب في تشييد المسكن والأثاث ويستخدم المطاط والصمغ وغيرها من المواد التي لا تحصى في أغراض شتى . وقد حلت بعض البوليمرات المحضرة صناعيا في الآونة الأخيرة مكان المواد الطبيعية وهذا ناتج عن التطور الهائل الذي حصل في الصناعات الكيماوية والقائمة على النفط ومشتقاته وهذه تتميز بصفات ميكانيكية جيدة كما تتميز برخص الثمن وتوفرها بشكل كبير وقد تم استخدامها في صناعة الأدوات المنزلية والصناعات الحربية والمدنية كالسيارات والطائرات والغواصات والأجهزة الكهربائية. والآن نحن أمام مجال صناعي ضخم وهائل فبالإضافة إلى المجالات السابقة تمكن العلماء من وضع آلية تمكن من الاستفادة من البوليمرات في مجال التوصيل الكهربائي وعلى وجه الخصوص في مجال تصنيع البطاريات الكهربائية.

تعاريف أساسية:

- البوليمرpolymer ويسمى في بعض الأحيان الجزيء العملاق (macromolecule) وهو جزيء لمركب كيميائي ويتمثل بوزن جزيئي عالي (10,000 إلى 10ملايين والجزيء على شكل سلسلة حلقاتها عبارة عن جزيئات لمركب بسيط ترتبط مع بعضها البعض بروابط تساهمية.(covalent bond)

- المونمر Monomer ويقصد بالمونمر مركب كيميائي بسيط ذو وزن جزيئي صغير و يتميز جزيء هذا المركب بتركيب خاص يمكنه التفاعل مع جزيء آخر من نوعه أو مع جزيء لمركب آخر و تحت ظروف مناسبة لتكوين سلسلة البوليمر.

- الوحدة التركيبية المتكررة structural repeating unit وهي الوحدة التركيبية التي يتكرر وجودها على طول سلسلة البوليمر وهي تمثل الجزء التركيبي المتبقي من جزيء المونمر أو المونمرات بعد تفاعلها لتكوين البلمير وتوضع صيغتها بين قوسين.

- درجة البلمرة Degree of polymerization يشار عادة إلى عدد الوحدات المتكررة Repeating Unit أوعدد الوحدات البنائية Structural Unit والتي هي في الواقع عدد المونمرات المتحدة في سلسلة واحدة ،يشار إليها بالمصطلح درجةالبلمرة Degree Of Polymerization ويرمز لها بالرمزDp أو Xn ولما كانت جزيئات البوليمر الواحد غير متساوية جميعا في درجة البلمرة ولذلك يعبر عن درجة البلمرة بمعدل درجة البلمرة الوزن الجزيئي للبوليمر X = Dpالوزن الجزيئي للوحدة المتكررة.

- مصادر البوليمر Polymer Sources يمكن الحصول على البوليمرات من مصدرين أساسيين هما-:

1- البوليمرات الطبيعية Natural Polymers

وهي مركبات مصدرها إما نباتي أو حيواني، مثال ذلك الخشب والقطن والمطاط الطبيعي والأصباغ النباتية والصوف والجلود والشعر والوبر والحرير الطبيعي وجميعها مركبات بوليمرية طبيعية ضرورية لحياتنا اليومية ويمكن الحصول عليها من مصادر نباتية أو حيوانية، ومن المواد الغذائية التي تعد بوليمرات طبيعية هي: النشا والبروتين Protein و السلولوز(Cellulose) .

2- البوليمرات المحضرة Synthetic Polymer

وهي المواد التي غزت الأسواق العالمية حديثا ومنها المواد البلاستيكية Plastics والمطاط Rubber والجلود الصناعية (SyntheticLeather) وأقمشة النايلون Nylonsوالبولي استر (Polyesters) وبعض الصباغ (dyes) والطلاثات الواقية وغيرها. ومن هذا يتضح مدى أهمية هذا الحقل من حقول الكيمياء في خطط التنمية الصناعية وازدهار القطر صناعيا واقتصاديا وتدل الإحصائيات التي أجريت عام 1975م في الولايات المتحدة الأمريكية أن 75٪ من الكيميائيين يتعاملون مع البوليمرات بصورة مباشرة أو غير مباشرة فما بالنا في عصرنا الحالي ففي الآونة الأخيرة أخذت صناعة البوليمرات تدخل حتى في عالم الإلكترونيات و بشكل كبير حتى دخلت في تصنيع مصادر الطاقة للأجهزة الإلكترونية المحمولة نظرا لخفة وزنها ولمواصفاتها الأخرى الحسنة.وتعتبر المبلمرات الاصطناعية مبلمرات بسيطة نسبيا بالمقارنة مع المبلمرات

الطبيعية وأقل في التكلفة. وتنقسم المبلمرات أيضا تبعا لطريقة الاصطناع،التركيب الكيميائي، الخواص الطبيعية (الفيزيائية)، أو الاستخدام التطبيقي. فمثلا تنقسم البوليمرات تبعا لطريقة الاستخدام إلى:-

- اللاستمرات Ellastomers وهي المبلمرات المطاطية مثل(Rubber) .
- البلاستيك Plastics وهي المبلمرات الصلبة التي تندرج من مبلمرات لدنة (elastic) إلى شديدة الصلابة مثل البويات ومبلمرات البولي ايثلين.
- الأنسجة الصناعية Synthetic Fibers الألياف الصناعية،وهي مبلمرات تستخدم لصناعة الأنسجة المصنعة مثل البولي اميدات.

أهم طرق تقسيم المبلمرات هي تبعا لطريقة الاصطناع أي تبعا لنوع تفاعلات البلمرة والتي تنقسم إلى:

أولا / البلمرة بالإضافة:

وينتج عنها مبلمر إضافة وهي التي تنتج من تفاعل إضافة متسلسل والذي يتم عن طريق بادئ إلى رابطة الكربون الثنائية C=C مكون مركب وسطي نشط الذي يتفاعل بدوره مع جزيء مونمر آخر مكونا مركب وسطي جديد. كما تنقسم طرق البلمرة بالإضافة تبعا لنوع البادئ لتفاعلات الإضافة فهو إما أن يكون شق حر طليق Free) (radical أو بادئ انيوني أيون سالب\ أو بادئ كاتيوني أيون موجب .

ثانياً: البلمرة بالتكاثف

وهو تكاثف متتابع (متسلسل) بين مركبين مختلفين كل منهما يحتوي مجموعتين فعالتين مع فقد ناتج ثانوي وتتم البلمرة بدون حافز بادئ. وتنقسم المبلمرات الصناعية إلى خمسة أقسام تبعا لخواصها الفيزيائية وهي:

1- **الثرمو بلاستيكات**: وهي المبلمرات الصناعية الصلبة التي تلين بارتفاع الحرارة ثم تعود لصلابتها بالتبريد دون تغير في تركيبها الكيميائي.

2- **الثرمو ستاتيكات**:وهي المبلمرات ذات القواطع العرضية والتي تعطي بتسخينها مبلمرات شديدة الصلابة (لا تلين بالتسخين كما في الثرموبلاستيكا وتستخدم في صناعة المواد اللاصقة وهي مثل البولي يوريثان، ويوريا ولدائن ميلانين، ولدائن الفينول الإيبوكسي .

3- **الملدنات**:وهي مواد عضوية صغيرة وتستخدم كملدنات للمبلمرات الصلبة مثلا البلاستيك لتعطها ليونة ومن أهمها ثنائي الكيل فيثالات.

4- **الاستومير (المبلمرات المرنة:)Elastomers** وهي مواد هيدروكربونية غير مشبعة ذات أوزان جزيئية عالية وتتميز بأن لها القدرة على تحمل زيادة الطول تصل نسبتها من 500 إلى 100 % ومن ثم ترتد إلى شكلها ألأصلي بعد إزالة السبب وتنتج هذه المرونة من عملية ترابط شبكي بسيط بين السلاسل المكونة لها ومن أمثلتها المطاط.

5- **الألياف الصناعية:Fibers** وهي من أهم المبلمرات المستخدمة في الصناعة وتمتاز بمقاومة شديدة للتشوه وتتحمل إطالة صغيرة حوالي (10-50٪) ولها قوة شد عالية لاحتوائها على مراكز قطبية أو هيدروجينية و تمتاز بضعف امتصاصها للرطوبة ولها درجة تبلور عالية نتيجة لوجود قوى ثانوية من أمثلة هذه الألياف بولي استر وبولي أميد وبولي بروبلين.

خواص البوليمرات

1- **الوزن الجزيئي**:إن مركبات الجزيئات الضخمة لا توجد إلا في حالتين سائلة وصلبة لأن ضغط أبخرة المركبات ينقص بزيادة الوزن الجزيئي وقد يهبط هذا الضغط إلى الصفر قبل أن يصل الجزيء الضخم إلى قيمته المميزة.

2- الخواص الفيزيائية للبوليمرات: **Physical properties of polymers** يمكن تصنيف البوليمرات من حيث حالتها الفيزيائية إلى متبلورة وغير متبلورة وهناك نوع ثالث بينهما هي المبلمرات شبه المتبلورة ونعني بالتبلور في البوليمرات تكوين تراكيب منتظمة، ونادراً ما تتكون بلورات منفردة ذات أشكال هندسية ثابتة، كما في المركبات العضوية البسيطة واللاعضوية.

أما البوليمرات غير المتبلورة (الزجاجية) فتكون سلاسل الجزيئات البوليمريه منتشرة بشكل غير منتظم. وتعد هذه الأنظمة سوائل من الناحية الفيزيائية وتسمى بالسوائل المتجمدة وكما الحال في الزجاج الاعتيادي فالتعريف الفيزيائي للمادة الصلبة الحقيقية هي التي تكون متبلورة أما غير المتبلورة تكون عادة شفافة كالزجاج وذات مرونة أكثر نسبياً من المتبلورة.

وتكون المناطق المتبلورة في البليمر منتظمة أما باقي السلاسل البوليمرية فتبقى موزعة بشكل اعتباطي وتكون في الحالة الزجاجية، والنسبة بين المناطق المنتظمة المتبلورة وغير المنتظمة "الزجاجية "تدعى بدرجة التبلور.

وتعتمد درجة التبلور على عدة عوامل منها طبيعة المجاميع الفعالة(المستبدلة) الموجودة على السلسلة البوليمرية وحجمها ومدى قطبيتها ودرجة تفرع السلاسل والانتظام الفراغي لها. وكل ما قلت درجة التفرع وكانت السلاسل متجانسة ومنتظمة كل ما زادت القدرة على التبلور والعكس بسبب ازدياد القوى البينية للجزيئات.

إن علم هندسة المواد ((engineering materials)) أو علم المواد هو علم ينبغي الإحاطة به لاسيما للمهندسين و المختصين في هذا المجال.

السبائك Alloys

تركب السبيكة من فلزين أو أكثر وقد تحتوي بعض السبائك علي عناصر غير فلزية مثل السيليكون والكربون والفسفور والكبريت وتختلف طريقة ارتباط العناصر المكونة للسبيكة من حالة لأخرى فمثلا:

1- قد تذوب هذه العناصر في بعضها البعض مكونة محلولا صلباً

2- قد تتحد هذه العناصر مع بعضها البعض مكونة مركب كيميائي

3- في بعض الأحيان تنتشر بعض هذه العناصر انتشاراً متجانساً في السبيكة وقد تختلف خواص السبيكة كلية عن خواص العناصر الداخلة في تركيبها ويمكن التحكم في بعض هذه الخواص مثل الصلابة ومقاومة الصدأ بتغير نسب العناصر الداخلة في تركيب السبيكة وبعض العناصر يندر استخدامها في السبائك مثل الكالسيوم والاسترانشيوم والباريوم والصوديوم والبوتاسيوم كما أن هناك نوع من السبائك يعرف بالملغم وهو يتكون بإذابة الفلزات في الزئبق وكثيرا ما يستخدم الملغم في حشو الأسنان وقد أمكن تحضير عدد من السبائك لكل منها استخداماته الخاصة ومن أمثلة السبائك.

- **سبيكة النحاس الأصفر Brass**

مكوناتها: نحاس (50 - (%خارصين (10 -50 ٪) - رصاص وقصدير 1- 10 % درجة انصهارها: 1000 درجة مئوية

- **سبيكة البرونز Bronze**

مكوناتها: نحاس (50 - (%قصدير (10 -50 ٪) - رصاص وخارصين 1- 10 %درجة انصهارها: 950 درجة مئوية

- سبيكة اللحام **Solder**

مكوناتها: رصاص (50 - (%قصدير (10 -50 ٪)- حديد (أقل من 1 % (درجة انصهارها: 250 درجة مئوية

- سبيكة الصلب غير القابل للصدأ **Wodd,s alloy**

مكوناتها: حديد (50٪) - نيكل - كروم (10 -50 ٪) -)- منجنيز -كربون (أقل من 1 ٪) درجة انصهارها: 1400 درجة مئوية.

تحليل السبائك

يجب ان تكون السبيكة علي هيئة برادة أو خراطة دقيقو لتسهيل عملية الاذابة كما يجب ازالة أي آثار للشحوم أو الزيوت العالقة بها وذلك بغسلها بالاسيتون أو أثير البترول ولاختبار المذيب يجري اختبار تمهيدي علي جزء صغير من السبيكة باستخدام حمض الهيدروكلوريك ثم النيتريك ثم الماء الملكي وتجري هذه الاختبارات مع الاحماض المخففة الباردة فالساخنة ثم مع الاحماض المركزة الباردة فالساخنة وهناك بعض السبائك لا تذوب في الأحماض مثل سبيكة النحاس والرصاص والقصدير فمثلا هذه السبيكة لا تتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك حيث ان النحاس يلي الهيدروجين في السلسلة ويمكن تكوين فكرة مبدئية عن مكونات السبيكة بملاحظة تفاعلاتها مع الأحماض المختلفة فمثلا:

1- اذا كانت السبيكة تذوب تماما في حمض الهيدروكلوريك فانها قد تتكون من بعض الفلزات التي تسبق الهيدروجين في السلسلة الكهروكيميائية

2- اذا كانت السبيكة تذوب تماما في حمض النيتريك فإنها لا تحتوي علي القصدير أو الانتيمون

3- اذا كانت السبيكة تذوب تماما في الماء الملكي فانها لا تحتوي علي الفضة أو الرصاص

4- أي سبيكة لا تذوب في أي من الاحماض السابقة فانها تحتوي علي نسبة عالية من السليكون

- تقنية السبائك الحديدية وطرق إنتاجها

تعرف السبيكة الحديدة بأنها السبائك الثنائية المكونة من الحديد والغنية بعنصر غير عنصر الكربون الذي غالبا ما يكون فلز وتستخدم السبائك الحديدية لإضافة العناصر السبائكية في تصنيع كلا من الحديد الزهر والصلب واهم العناصر التي تقدمها السبائك الحديدية للصلب هي السيليكون المنجنيز، الكروم، التيتانيوم، الفانديوم وغيرها من العناصر

- تأثير السبائك الحديدية المضافة في صناعة الصلب

تقوم السبائك الحديدية المضافة للصلب أو الحديد الزهر المنصهر من خلال العناصر المكونة لها بثلاثة ادوار أساسية:-

1- عامل اختزال

إن الدور الأساسي والمهم للسبائك الحديدية المضافة للصلب وبكل تأكيد إزالة الأكسجين من أفران التصنيع الصلب ويكون ذلك أما في المراحل الأولية لتصنيع الصلب أو في المراحل النهائية وقبل عملية الصب مباشرة ومن اهم السبائك الحديدية المستخدمة

في ذلك سبائك الفيرومنجنيز و الفيروسيليكون حيث تقوم هذه السبائك بإزالة الاكسجين من أفران التصنيع.

2- عنصر سبائكى:-

تستخدم السبائك الحديدية للحصول على الصلب السبائكى الذي يتكون من الصلب الكربوني إضافة إلى كمية أو كميات من عناصر فلزية أخرى مضافة مثل الكروم، والتيتانيوم وغيرها بهدف تحسين خاصية معينة أو مجموعة من الخواص في المنتج النهائى ومن امثلة الخواص المطلوب تحسينها كلا من مقاومة الصدمات والبلى وزيادة مقاومة التآكل الساخن والاكسدة عند درجة الحرارة العالية ومن أمثلة ذلك السبائك المحتوية على عناصر الفانديوم والكروم والسيليكون والمنجنيز.

3- عامل جرفته:

الجرفته خاصية لضبط الجرافيت والتحكم فيه وهى خاصية ينفرد بها حديد الزهر السبائكى ولا يدخل في تأثيراتها الصلب ولذا فإن اضافة السبائك الحديدية تساعد على الحصول على قطاعات سميكة من الحديد الزهر عالي المقاومة. والسبائك الحديدية المستخدمة لذلك هي المحتوية على عناصر السيليكون والمليبدنيوم بالإضافة إلى فلز النيكل النقى وتعمل إضافة هذه السبائك على زيادة مقاومة ومتانة حديد الزهلر السبائكى.

- طرق إنتاج السبائك الحديدية

بدأت تقنية السبائك الحديدية عام 1898 م على يد العالم جولد سميث بأسلوب الاختزال المعروف باسم الاختزال الالومينى الحراري ومازالت هذه الطريقة مستخدمه ومتبعة حتى الان في إنتاج السبائك الحديدية

1- طريقة الاختزال الالومينى الحراري:

تعرف هذه الطريقة باسم الاختزال الفلزي الحراري، ونعتمد هذه الطريقة على اختزال اكاسيد الفلز باستخدام مسحوق ناعم من الالومنيوم ،وتتولد أثناء عملية الاختزال كمية عالية من الطاقة الحرارية ناتجة من أكسدة الالومنيوم كافية لإكمال عملية الاختزال وتطفو الالومينا المتكونة أثناء التفاعل علي السطح علي هيئة خبث سائل ويساعد هذا الخبث الطافي علي فصل الفلز السبائكي المختزل عن الجو المحيط وبهذا تمنع إعادة الأكسدة

أسباب إنتاج السبائك بطريقة الاختزال الالوميني الحراري

1- صعوبة إنتاج العناصر الفلزية والحصول عليها بصورة نقية

2- ارتفاع تكلفة إنتاج العناصر الفلزية بصورة نقية إذا امكن انتاجها

3- سرعة أكسدة هذه العناصر عند إضافتها كعناصر سبائكية للصلب أو الحديد الزهر السبائكي عند درجات الحرارة العالية مما يعني فقد العناصر عالية التكلفة أثناء مراحل تصنيع الصلب أو حديد الزهر السبائكى

4- الاستفادة من خامات العناصر التى تحتوي علي نسب عالية من الحديد.

5- تم تطوير هذه الطريقة بطرق اخري مثل الصهر والاختزال في الافرن العالية أو في الأفران الكهربائية

العوامل المؤثرة علي الاختزال الالوميني الحراري:

1- كمية الاكسجين في الخام:

تعد كمية الأكسجين في الخام أهم عامل حيث انه يتحكم كمية الحرارة المتولدة أثناء التفاعل، وزيادة نسبة الأكسجين الموجودة في بعض اكاسيد الفلز تؤدي إلى عدم التحكم في التفاعل مما يؤدي إلى الكثير من الانفجارات.

ويمكن التغلب علي هذه الانفجارات بتخفيض كمية الاكسجين في الخام باجرات تحميص اختزالي مسبق تزال فيه كمية من الاكسجين. أما نقص كمية الأكسجين في الخام تقلل من كمية الحرارة المتولدة في التفاعل وفي بعض لأحيان عند الانخفاض الشديد في محتوي الأكسجين يصبح التفاعل غير طارد للحرارة وربما احتاج إتمام التفاعل إلى إمداده بطاقة خارجية ويمكن التغلب علي ذلك بالتحميص المسبق أو التسخين المسبق المباشر وهذا يساعد في التغلب علي مشكلة نقص الأكسجين.

2- حجم الحبيبات:

يؤدي وجود كثير من الحبيبات الخشنة من المواد الخام في وعاء التفاعل إلى عدم إكتمال التفاعل وبالتالي يكون المنتج النهائي غير مرضي، ويؤدي وجود حبيبات ناعمة إلى دخول لالومينا الناتجة في صورة خبث إلى سبيكة الفلز المختزلة ولذا فان الحالة الفيزيائية للمواد المستخدمة في إنتاج السبائك الحديدية ذات تأثيرات مهمة.

2- طريقة الصهر والاختزال في الأفران العالية أو في الأفران الكهربائية:

يشبه إنتاج السبائك الحديدية في الفرن العالي إلى حد كبير إنتاج حديد التمساح كما أن الأفران الكهربائية شبيهة بالأفران العالية في الإنتاج فيما عدا استبدال الكوك بالطاقة الكهربائية لعمليات الصهر وأساس عمليات الإنتاج هي الصهر والاختزال

العوامل التي تعتمد عليها طريقة الصهر والاختزال:

1- درجة نقاوة الخام المتوافر

2- مدى توافر الطاقة الكهربائية في مواقع الإنتاج وكذا سعر وحدة الطاقة ولقد أدى توافر مصادر الطاقة الكهربائية الرخيصة إلى استخدام الأفران الكهربائية لتحل محل الأفران العالية

3- درجة جودة السبائك المنتجة

4- مقدار الكوك المطلوب للإنتاج ومدى توافره وكذلك كمية استهلاك الكوك لكل طن من السبيكة

5- نوع السبيكة المنتجة

- سبيكة الفيروسيليكون

تعتبر سبيكة الفروسليكون ذو أهميه كبيرة جدا في صناعه الحديد والصلب، ومعظم سبائك الفروسليكون المستخدمة في صناعه الصلب ذات التركيب الكيميائي الذي يحتوي علي 50٪ سليكون هناك سبائك تتراوح نسبة السليكون فيها بين(15-90٪)

استخدامات سبائك الفروسليكون

1- يستخدم الجزء الأكبر من سبائك الفروسليكون في اختزال الأكسجين وإزالة الغازات في صلب المحمرة المكشوفة ومحولات بسمر.

2- عنصر سبائكي مهم حيث يحتوي صلب الإنشاء عادة علي نسبة من السليكون في الصلب المستخدم في التطبيقات الكهربائيه إلى حوالي 0.6٪ ويكون السليكون بهذه النسبة المذكورة علي الخواص محدودة.

3- تستخدم سبائك الفروسليكون في صورة مسحوق كعامل مختزل للخبث، وتستخدم كميات كبيرة من هذه السبائك لاختزال الأكسيد المختلفة عند إنتاج السبائك الحديدية الأخرى مثل إنتاج سبائك الفروفانديوم.

4- تستخدم سبائك الفروسليكون للحصول علي فولاذ نظيف ويفضل إضافتها بعد إضافة الفرومنجنيز.

5- تستعمل سبائك الفروسليكون في تصنيع الهيدروجين طبقا للتفاعل الآتي:



$$Si + 2NaOH + H_2O \longrightarrow Na_2SiO_3 + 2H_2$$

تأثير السليكون علي خواص الصلب:

مما لا شك فيه أن تأثير السليكون أقل من تأثير أي عنصر سبائكي آخر علي خواص الصلب، فعند زيادة نسبة السليكون المضاف إلى اكبر من 0.35 ٪ يكون الفولاذ عندئذ أحد أنواع الفولاذ (الصلب) السبائكي السليكوني، وإضافة حوالي من 1.3 ٪ إلى 2 ٪ سليكون إلى الفولاذ ترفع كلا من معامل اللزوجه والاستطالة وتقلل في مساحة المقطع ومقاومة الصدمات، وزيادة نسبة السليكون في سبائك الصلب متوسط الكربون < 0.3 ٪ - 0.7 ٪ كربون > تزيد قابليتها للتصليد ويكون تأثير السليكون علي التصليد أقل من التاثير الناتج عن إضافة نسبة مماثلة من المنجنيز أو الكروم، ولتسهيل تشكيل السبائك وتصنيعها يجب تحديد نسبة السليكون المضافة إلى سبائك الصلب الإنشاءات الاعتيادي بحد أقصي 0.7 ٪ ، ومن الملاحظ أنه في العرف التجاري لا تزيد نسبة السليكون عن 0.3 ٪ عند إضافتها إلى صلب الإنشاءات الطرق أما في حالة الفولاذ المصبوب فتكون نسبة السليكون في حدود 0.5 ٪.

الفروسليكون

تصنع سبائك الفروسليكون عادة في أفران القوس الكهربائي والأفران المستخدمه غالبا عبارة عن دائرية أو اسطوانية مع وجود الكترودات، والمواد الخام اللازمة لصناعة سبائك الفروسليكون وهي الحاملة للسليكون والمواد الحاملة للحديد وعامل الاختزال.

المواد الحاملة للسليكون

تتوافر في القشرة الأرضية العديد من المواد الحاملة للسليكون والمستعملة كماده خام في تصنيع الفروسليكون واهم تلك الخامات الكوارتز، وقد ذكرنا تفصيل هذا الخام في الباب الثاني " باب الخامات" في فصل خامات السبائك

المواصفات التي يجب أن تتوافر في خام الكوارتز المستخدم في انتاج سبائك الفروسليكون

1. لا يقل محتواها السليكوني عند 96 ٪ ويفضل أن يكون ما بين 97 ٪ و 99 ٪
2. كميه الشوائب المكونة للخبث مثل (ألومنيات وأكسيد الكالسيوم) أقل قدر ممكن
3. لا تزيد كميه أكسيد الفوسفور P_2O_5 فيه علي 0.02 ٪.
4. خاليا تماما من الطفلة clay ولا يحتوي علي أي نوع منها.
5. لا تزيد أقصي نسبة امتصاص للرطوبة بأي حال من الأحوال علي 5 ٪.
6. يحتفظ الخام بخواصه المكانيكيه بعد التكسير والطحن والتسخين.

المواد الحاملة للحديد

يمكن إضافة الحديد إلى شحنه تصنيع الفروسليكون في صورة خامات الحديد أو اكاسيد الحديد أو برداة الحديد وخامات الحديد تكلمنا عنها في الباب الثاني

العوامل التي تأخذ في الاعتبار عند إضافة الحديد في سبائك الفروسليكون.

1- عند إضافة الحديد في صورة منفردة فانه يزيد من تكلفة الطاقة " نظرا لزيادة طاقة تسخين الخبث واختزال اكاسيد الحديد " وعند إضافة اكاسيد الحديد فيكون من المطلوب عندئذ زيادة كمية عوامل الاختزال المضافة للشحنة.

2- يضاف الحديد في صورة أجزاء صغيره مقطعه ويجب أن يكون خاليا من الصدأ، لأن الحديد هو المصدر الأساسي للهيدروجين في سبيكة الفروسليكون المنتجة.

3- لا ينصح باستخدام أجزاء من الصلب نظرا لاحتوائه علي عناصر سبائكه مثل الكروم، والنيكل، والمنجنيز...الخ والتي سوف تدخل إلى السبيكة بكامل قيمتها كما في الصلب بينما المطلوب في سبائك الفروسليكون طبقا للمواصفات العالمية خلوها من أية آثار لتلك العناصر.

4- لا تضاف خرده الحديد الزهر لشحنة إنتاج سبائك الفروسليكون نظرا لاحتوائها علي نسبة عالية من الفوسفور والذي يمر مباشرة إلى سبيكة الفروسليكون المنتجة.

5- لا توجد خطورة كبيرة من وجود الكبريت لأنه لا يكون مع السليكون مركبات متطايرة تتبخر أثناء عمليات الصهر والاختزال.

6- يراعي أن تكون قطع الحديد المضافة صغيره الحجم بحيث تكون أكثر انتظاما في الشحنة ولا توصي علي الإطلاق باستخدام القطع الكبيرة أو المتداخلة، كما يجب أن تكون خاليه من الشوائب.

7- لا ينصح باستخدام المخلفات والقطع الحاملة للشحومات والزيوت لأنها تعوق العمليات عند قمة الفرن.

مكونات الشحنة اللازمة لإنتاج سبيكة الفروسليكون

تتكون الشحنة اللازمة لإنتاج سبيكة الفروسليكون بتركيز 75٪ سليكون مما يأتي 2طن كوارتز، وطن كوك، ونصف طن من نشاره الحديد. ويتضح من مكونات الشحنة

أن المواد المستخدمة في إنتاج الفروسليكون رخيصة الثمن ومتوافرة بكثرة ويسهل الحصول عليها، ولكن معظم التكلفة في الطاقة الكهربائيه اللازمة للتصنيع حيث تبلغ كميه الطاقة المستخدمة حوالي 10.000 كيلووات/ ساعة لكل طن من الفروسليكون، وتبلغ هذه ما بين 30٪ - 45 ٪ من مجموع تكلفة إنتاج السبيكة.

الكـــــربون

الكربون هو عنصر كيميائي من عناصر الجدول الدوري يرمز له بالرمز C، وله عدد ذري 6 (يسمى في الترجمات الحديثة الخَصْفَن، على وزن فَعْلَن من الخَصِيف أي الرّماد، ذلك أنّه المكوّن الرئيسي للرّماد، رمزه الكيميائي العربي خ). وهو من اللا فلزات، رباعي التكافؤ ومنتشر في الطبيعة بعدة أشكال:

- **الماس**:أقسى المعادن المعروفة، تتوزع فيه ذرات الكربون على زوايا هرم ثلاثي وذرة كربون في المركز. ترتبط فيه الذرات بتوزيع أربعة إلكترونات في مدارات sp3. مما يشكل بناءا قويا جدا ومترابطا في ثلاثة أبعاد.
- **الجرافيت**: أحد أكثر المواد ليونة، ترتبط فيه ذرات الكربون بثلاثة إلكترونات، مدار sp2 وإلكترون واحد في مدار s، ويكون شكلها مسطحا في بعدين. مما يشكل ما يشبه الصفائح الممتدة والمتراصة فوق بعضها البعض.
- **الفوليرينات**: جزيئات كبيرة متكونة من ذرات كربون مترابطة ثلاثيا تعطي شكل كريات (والتي تعتبر أفضل وأبسط الأشكال وتعرف باسم باكي بول).
- **السيرافيت**: (له سطح ناعم للغاية) لا يعرف تركيب شكله بدقة.
- **الأيونسدالايت**: (تشوهات من الماس) يماثل الماس في التركيب ولكن ببلورات سداسية.

- **الكربون غير المتبلر:** تجمعات من جزيئات الكربون في أشكال غير بلورية أو منتظمة، في حالة زجاجية.
- **فقاعات الكربون الدقيقة:** (شبكة مغناطيسية بالغة الدقة) شبكة قليلة الكثافة شبيهة بالجرافيت، حيث تترابط الذرات ثلاثيا في حلقات سداسية وسباعية.
- **أنابيب الكربون الدقيقة:** تترابط الذرات ثلاثيا في رقائق منحنية تشكل إسطوانات مفرغة.

المصابيح السوداء تتكون من مناطق جرافيت صغيرة. وهذه المناطق تكون موزعة عشوائيا، بحيث إن البناء الكلي يكون متماثلا.

الكربون الزجاجي

متماثل (isotropic) ويحتوى على نسبة عالية من المسامات المغلقة. وبعكس الجرافيت العادي، فإن الطبقات الجرافيتية ليست متراصة مثل الصفحات في كتاب ما، ولكن لها ترتيب عشوائي.

الألياف الكربونية

تشبه الكربون الزجاجي. وتحت ظروف المعاملة الخاصة (شد الألياف الكربونية وكربنتها) فإنه يمكن ترتيب أسطح الكربون في إتجاه الألياف. وبالتعامد على محور الألياف لا يوجد توجيه لأسطح الكربون. وتكون الألياف الناتجة ذات قوة شد أكثر من الحديد.

يتواجد الكربون في كل أشكال الحياة العضوية وهو أساس الكيمياء العضوية. كما أن هذا اللا فلز له القدرة على الاتحاد مع نفسه وعدد كبير من العناصر الأخرى، لإنتاج ما يقرب من 10 مليون مركب معروف. يتحد مع الأكسجين لتكوين ثاني أكسيد الكربون

وهو مركب حيوي لنمو النبات. وعند اتحاده مع الهيدروجين، فإنه ينتج عديد من المركبات تسمى الهيدروكربونات، وهذه المركبات مهمة في الصناعات المختلفة كصناعة الوقود العضوي. وعند اتحاده مع كل من الأكسجين والهيدروجين فإنه ينتج مجموعات عديدة من المركبات منها الأحماض الدهنية، وهذه الأحماض أساسية للحياة، والإسترات التي تعطى النكهة لعديد من الفواكه. كما أن نظير الكربون كربون – 14 يستخدم في تحديد الزمن إشعاعيا.

الصفات المميزة للكربون

الكربون عنصر مميز لأسباب عديدة. تتضمن أشكاله العديدة مادة من أنعم المواد (الجرافيت) ومادة من أقسى المواد (الماس). كما أن لها قابلية كبيرة للترابط مع الذرات الأخرى الصغيرة، بما فيها ذرات الكربون نفسه، وحجمه الصغير يجعله يستطيع تكوين روابط عديدة. ونظرا لذلك فإن الكربون يعرف أنه يكون ما يقرب من 10 ملايين مركب، أى معظم المركبات الكيميائية تقريبا. مركبات الكربون هى الأساس للحياة على الأرض كما أن دورة كربون–نيتروجين هى السبب في إصدرا بعض الطاقة الصادرة من الشمس والنجوم الأخرى.

لم يتكون الكربون خلال الإنفجار العظيم لأنه يتطلب تجمع ثلاثي لجسيمات ألفا (نواة الهيليوم) حتى ينتج. وفى الأصل تمدد الكون ثم برد بسرعة كبيرة حتى أصبح ذلك ممكنا. وبصفة عامة فإن الكربون أنتج في داخل النجوم بداخل الفرع الأفقي. كما انه أنتج أيضا في حالة عديدة الذرات.

استخدامات الكربون

الكربون مكون أساسي لكل الأنظمة الحية، وبدونه لا يمكن أن تتواجد الحياة كما نعرفها (شاهد أحياء اللا كربون).الهيدروكربونات هي أكثر الإستخدامات الإقتصادية

للكربون، وأكثرها شيوعا الوقود العضوي، مثل غاز الميثان والنفط (البترول). يتم تطبيق تقنيات الصناعة النفطية على النفط الخام لإنتاج عديد من المركبات منها البنزين والكيروسين، خلال عمليات التقطير، في معامل التكرير. كما أن النفط الخام يعتبر المادة الأولية لعديد من المواد التصنيعية، ومنها اللدائن.

إستخدامات أخرى للكربون

- يستخدم النظير كربون-14 والذي أكتشف في 27 فبراير عام 1940 في تحديد الزمن إشعاعيا.
- بعض مكتشفات الدخان تستخدم كميات ضئيلة من نظائر الكربون النشيطة إشعاعيا كمصدر إشعاع تأيين (كثير من المكتشفات من هذا النوع تستخدم نظائر الأمريكيوم.
- يتم خلط الجرافيت مع الطين لإنتاج "الرصاص" المستخدم في الأقلام الرصاص.
- يستخدم الماس كحلي، وأيضا يستخدم في أسنان المثقاب، كما أن كثير من التطبيقات تستفيد من صلابته.
- يضاف الكربون يضاف إلى الحديد لإنتاج الصلب.
- يستخدم الكربون كمهدئ نيترون في المفاعلات النووية.
- يتم سحق الجرافيت، وعمل قوالب منه تستخدم كفحم في الطبيخ، الأعمال الفنية وإستخدامات أخرى.
- تستخدم أقراص الفحم في الطب في شكل أقراص أو مسحوق لإمتزاز المواد السامة من الجهاز الهضمي.

الخواص الكيميائية والبنائية للفوليرينات (fullerenes)، في شكل أنبوبة كربون دقيقة، يمكن أن تساعد في المجال الجديد تقنية النانو، وعموما فإن النانو جسيمات من المكن أن تكون سامة.

تاريخ الكربون

الكربون ("كربو" تعني باللغة اللاتينية") تم ما قبل التاريخ وكان معروف عند القدماء، الذين حصلوا عليه بحرق المواد العضوية بمعزل عن الاكسجين لتصنيع الفحم. كما أن الماس يعتبر منذ القدم من المواد النادرة. ومن الصور الأخيرة المكتشفة لتآصلات الكربون فوليرين، والتى تم إكتشافها كمنتج ثانوي أثناء تجارب الشعاع الجزيئي في الثمانينات من القرن العشرين.

النشاط الإشعاعي

يتكون الكربون14 وهو النظير المشع لعنصر الكربون والذي نرمز له ب C14 بكيفية دائمة في الطبقات العليا للجو ويعطي ثاني أوكسيد الكربون وفق تفاعل سريع لينضاف إلى ثاني أوكسيد الكربون المجود في الجو. يُمتص غاز ثاني أوكسيد الكربون (سواء المحتوي على الكربون المستقر C12 وC13 أو الكربون المشع دون تمييز) ليدخل هذا الكربون في تركيب الكائنات الحية نباتية كانت أم حيوانية. وحوالي عام 1950م، أثبت الكيميائي الأمريكي W Libby أن كل الكائنات الحية تتميز بنفس نسبة الكربون 14أي: كل كتلة m = بالنسبة لحيوان أو نبات غير حي (جدع شجرة مقطوع، صدفات أحفورية، عظام...) يتوقف ذلك التبادل مع الهواء ليتناقص ثاني أوكسيد الكربون المحتوي على الكربون المشع وفق دالة أسية خلال الزمن من لحظة الوفاة. بمقارنة نشاط

عينة من الأحفور بالنشاط لكائن حي يمكن تقدير عمر ذلك الأحفور. بعد 40 000 سنة لا يبقى سوى 1٪ من الكربون 14 مما كان يحتويه عندما كان حيا وبالتالي يستحيل تحديد عمر بعد هذه المدة. خلفت هذه الطريقة جدالا كلاميا جعلت العلماء يشكون في مصداقيتها ويعرف الحادث ب:كفن تورينو حيث تباين التاريخ المفترض بين القرن الرابع عشر وفق هذه الطريقة وميلاد المسيح وفق طرق أخرى

صور تآصل الكربون

تآصل الكربون النقي يختلف عن تآصل التركيبات الجزيئية الأخرى له.

الثلاث تآصلات المعروفة للكربون هم الكربون غير المتبلور، والجرافيت. والماس. كما تم تصنيع واكتشاف عدد من ثور التآصل الشاذة الأخرى ومنها الفوليرينات، أنابيب الكربون الدقيقة، واللونسداليت.

في شكله الغير متبلور، يكون الكربون في الأساس جرافيت ولكن لا يتواجد في شكل متبلر كبير. ولكن يتواجد في شكل مسحوق والذى يكون المكون الرئيسي للمواد مثل الفحم، السناج، سخام، كربون منشط.

في الضغط العادى يأخذ الكربون شكل الجرافيت، وفيه ترتبط كل ذرة مع ثلاث ذرات في مستوى يتكون من شكل سداسي في كل الحلقات. مثل الحلقات الموجودة في الهيدروكربونات الأروماتية. الشكلان المعروفان للجرافيت، ألفا (سداسي) و بيتا (منشور سداسي منتظم)، وكلاهما له خواص فيزيائية متطابقة، فيما عدا البناء البللوري. ويحتوى الجرافيت الذى يتواجد بصورة طبيعية على 30 ٪ تقريبا من الشكل بيتا، وعند تصنيع الجرافيت فإنه يحتوى فقط على الشكل ألفا. ويمكن للشكل ألف أن يتحول إلى الشكل بيتا بالمعالجة الميكانيكية ويرجع الشكل بيتا إلى الشكل ألفا عند تسخينه فوق 1000 $^\circ C$

وبسبب عدم تمركز سحابة-باي، فإن الجرافيت يوصل الكهرباء. الجرافيت مادة طرية ورقاقتها، تفصل كتيرا بالذرات الأخرى، وتمسك مع بعضها البعض عن طريق قوى فان دير فال، وبالتالى فإنها تنزلق بسهولة على بعضها البعض.

وفى الضغوط العالية يكون الكربون صورة من صور تآصله تسمى الماس، والتى ترتبط فيها كل ذرة لأربعة ذرات أخرى. وللماس نفس البناء المكعب للسيليكون والجيرمانيوم، ونظرا لقوة الرابطة بين كربون-كربون، فإنه مع نيتريد البورون متساوي الإلكترونات (BN) أقسى المواد من حيث مقاومة الخدش. التحولات التي تحدث للجرافيت في درجة حرارة الغرفة بطيئة للغاية لأن تلاحظ. وتحت بعض الظروف، يتبللور الكربون لللونسدالايت وهو شكل مشابه للماس ولكن سداسي.

الفوليرينات لها بناء يماثل الجرافيت، ولكن بدلا من الشكل السداسي النقي، فإنها تحتوى على أشكال خماسية (وإحتمال سباعية) من ذرات الكربون، مما يؤدى لإنثناء الطبقات إلى كريات أو إسطوانات. خواص الفوليرينات (تسمى أيضا "كرة بوكي" و "أنبوبة بوكي") لم يتم تحليلها حتى الآن. وكل أسماء الفوليرينات تم تسميتها على شرف بوكوينستر فوللير، مطور قبة جيوديسي والتى تسبه بناء كرة بوكي.

تآصل فقاعة دقيقة تم إكتشافه مؤخرا وهو مغناطيسي حديدي.

صور الكربون المتآصلة تتضمن:

- الكربون غير المتبلور
- فقاعة كربون دقيقة ([] تم إكتشافه عام [[1997
- أنبوبة كربون دقيقة

- الماس
- فوليرين
- جرافيت
- أيونسدالايت
- سيرافيت

نظام تآصل الكربون يتسع لمدى كبير للغاية.

مقارنة بين الماس والجرافيت:

- الماس أصلب المعادن المعروفة للإنسان، ولكن الجرافيت أيضا من أكثرها طراوة.
- الماس مادة كاشطة، بينما الجرافيت مادة مزيتة.
- الماس عازل ممتاز للكهرباء،بينما الجرافيت يوصل الكهرباء.
- الماس غالبا شفاف، بينما الجرافيت معتم.
- الماس له شكل بللوري مكعب، بينما الجرافيت شكله البللورى سداسي.

مقارنة بين الكربون غير المتبلور والأنابيب الدقيقة:

- الكربون غير المتبلور هو من أسهل المواد التى يمكن تصنيعها، بينما كربون الأنابيب الدقيقة يحتاج لنفقات باهظة لتصنيعه.
- الكربون غير متبلور موحد الخواص، ولكن كربون الأنابيب الدقيقة من ضمن أكثر المواد المتباينة الخواص على الإطلاق.

تواجد مركبات الكربون

يوجد تقريبا 10 ملايين من المركبات المعروفة للكربون، وألاف منها أساسي للحياة وفى غاية الأهمية الإقتصادية. وهذا العنصر وفير في الشمس والنجوم والمذنبات وفى غلاف معظم الكواكب. كم أن بعض النيازك تحتوى على ماسات مجهرية تكونت عندما كان النظام الشمسي لايزال قرص كوكب أول. وبالإتحاد مع العناصر الأخرى، فإن الكربون يوجد في الغلاف الجوي، ويوجد أيضا كمادة مذابة في كل الأجسام المائية. وبكميات قليلة من الكالسيوم، والماغنسيوم، والحديد، فإنه المكون الأساسي في الكربونات، والصخور (الحجر الجيري، والدولميت، والرخام وهكذا). وعند إتحاده مع الهيدروجين، يكون الكربون الفحم، والنفط، والغاز الطبيعي ويطلق عليهم هيدروكربونات.

يوجد الجرافيت بكميات كبيرة في نيو يورك وتكساس بالولايات المتحدة، كما يوجد أيضا في روسيا، والمكسيك، وجرين لاند، والهند.

الماس الطبيعي يوجد في الصخر البركاني كيمبرليت الذي يوجد في امتدادات وفوهات البراكين القديمة. ومعظم نرسبات الماس توجد في أفريقيا، وخاصة جنوب أفريقيا، ناميبيا، بتسوانا، جمهورية الكونغو. كما يوجد أيضا في القطب الشمالي الروسي، البرازيل، وشمال وغرب أستراليا.

المركبات العضوية

أشهر أكاسيد الكربون على الإطلاق هو ثاني أكسيد الكربون CO_2. وهو عنصر قليل من مكونات الغلاف الجوي، ويتم إنتاجه وإستهلاكه عن طريق الكائنات الحية. ويقوم ثانى أكسيد الكربون بتكوين حمض الكربونيك (H_2CO_3) بكميات قليلة في الماء، ولكن مثل معظم مركبات الكربون التى يكون بها كثير من الروابط الأحادية على مع الأكسجين على ذرة كربون واحدة فإنه لا يكون ثابت. وعلى هذا فإنه يكون هناك حالات وسيطة، وخلال هذه الحالات الوسيطة تنتج أيونات الكربونات. وهنام كثير من الأملاح على هيئة كربونات، ومن اهمها الكالسيت. ثانى كبريت الكربون CS_2 أيضا من الكربونات المهمة.

ومن الأكاسيد الأخرى أول أكسيد الكربون CO، والأكسيد الغير عادي للكربون C_3O_2. يتكون أول أكسيد الكربون بالإحتراق الغير كامل، وهو عديم اللون، والرائحة. وتحتوى هذه الجزيئات التى تحتوى على رابطة ثلاثية وهى جزيئات قطبية إلى حد ما، مما يؤدى لميلها للإرباط بجزيء الهيموجلبين، وعلى هذا فإن أول أكسيد الكربون من الغازات السامة. السيانيد CN^-، له بناء مماثل ويتصرف مثل أيون الهاليدات، النيتريد (السيانوجين) $(CN)_2$ أيضا متضمن في ذلك.

ومع الفلزات القلوية يكون الكربون إما الكاربيدات C^-، أو أسيتيليدات C_2^{2-}، وهذه تكون مع الميثان والأسيتيلين، وكلاهما حمض ضعيف. وكلهم له سالبية كهربائية 2.5، مثل الكاربوروندوم SiC، الذى يشبه الماس.

سلاسل الكربون

تتكون الهيدروكربونات من سلاسل من ذرات الكربون، مشبعة بذرات الكربون. وتكون الزيوت المتطايرة لها سلاسل قصيرة. بينها الدهون لها سلاسل أطول، والشمع له سلاسل أكثر طولا.

دورة الكربون

في الظروف العادية من النادر تحول نظير من نظائر الكربون للأخر. وعلى هذا، فإنه ولهدف معين فإن نسبة الكربون. وعلى ذلك فإن العمليات التى تستهلك الكربون يجب أن تحصل عليه من مصدر أخر، وتتخلص منه في مكان أخر. والطرق التى يسلكها الكربون في الطبيعة تسمى دورة الكربون. فمثلا، تسحب النباتات الكربون من الهواء في صورة ثناى أكسيد الكربون وتستخدمه لبناء نفسها. وبعض هذه النباتات تؤكل عن طريق الحيوانات، التى يتنفس بعضها ويطلق ثانى أكسيد الكربون. ودورة الكربون معقدة وليست بسيطة كما قد يبدو في هذا المثال البسيط، فمثلا يذوب بعض ثانى أكسيد الكربون في المحيطات، كما ان النباتات والحيوانات الميتة يمكن أن تتحول إلى أحجار رسوبية، وهكذا.

نظائر الكربون

للكربون نظيرين طبيعيين مستقرين هما كربون-12 أو C^{12} ويشكل 98.89٪ من مجموع الكربون في الطبيعة والنظير كربون-13 أو C^{13} والذي يشكل 1.11٪ كما ان للكربون نظير غير مستقر يظهر في الطبيعة هو الكربون-14 اوC^{14}. يوجد 15 نظير معروف للكربون وأقلهم عمرا C^{8} الذى يضمحل عن طريق إنبعاث بروتون وإضمحلال ألفا. وله فترة عمر نصف تبلغ $x101.98739^{-21}$ ثانية.

في عام 1961 قام الاتحاد الدولي للكيمياء المجردة والتطبيقية ([IUPAC])، بتبنى النظير كربون-12 كأساس لقياس الكتل الذرية.

للكربون-14 له عمر نصف مقداره 5715 عام، وهو يستخدم بشكل كبير لقياس تحديد الزمن إشعاعيا للأخشاب، علم الآثار، الحفريات.

الإحتياطات

الكربون أمن نسبيا. ولكن إستنشاق غاز أول أوكسيد الكاربون بكميات كبيرة يمكن أن يكون خطر. ويمكن للكروبن أن يشتعل في درجات الحرارة العالية للغاية ويحترق بشدة كما في حريق ويندسكال.

ونظرا لوجود عدد هائل من مركبات الكربون، بعضها سام للغاية مثل سيانيد CN، وبعضها أساسي للحياة مثل ديكستروز، ويعضها يمكن يكون الإثنين معا مثل بثاني أكسيد الكربون CO_2.

الاستخدامات

الكربون مركب ضروري لكل الكائنات الحية المعروفة، وبدونه لم يكن للحياة بالشكل الذي نعرفه ممكنه. الاستخدام الاقتصادي الرئيسي للكربون هو عندما يكون على شكل مركبات هيدروكربونية، من اوضح الامثلة الوقود الاحفوري، غاز الميثان والنفط الخام، والنفط الخام يستخدم في صناعة البتروكيماويات لانتاج البنزين، زيت الديزل والكاز، وذلك عن طريق عملية تقطير مرحلية. كما يشكل النفط المادة الخام التي تصنع منها العديد من المواد الصناعية والتي تشكل اللدائن (البلاستيك) جزءا كبيرا منها.

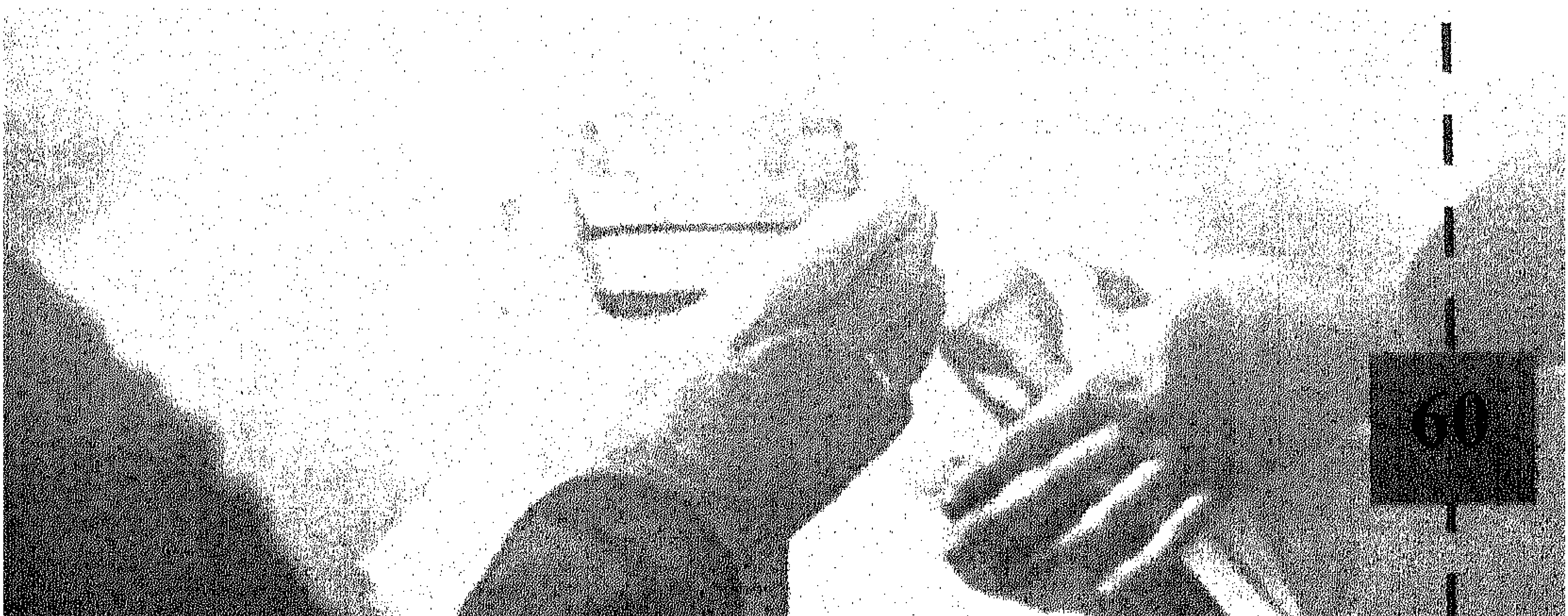
2

الوحدة الثانية

بنيـــــــة المواد

The structure of materials





بنيـــة المواد

المادة.. بنية وخواص

إن نقاش أية قضية ينبغي أن يبدأ بالمسلّم به وصولاً إلى المختلف فيه، ولا شك أن كل مسلم يعتبر مرجعيته التي ترفع الخلاف هي واضح الدلالة من كتاب الله وصحيح سنة رسول الله ـ ﷺ ـ وإجماع الأمة. أما غير المسلم فتقام عليه الحجة بما يراه ويحسه بنفسه وبالحجة العقلية ثم ينتقل معه من تلك المسلّمات إلى نتائجها التي تلزمه بقبول الحق والإذعان له، وإلا كان معاندًا بعيدًا عن كل منطق ومنهج علمي.

ورجاء الوصول إلى ذلك فسألقي الضوء في هذه الأسطر على المادة للتعرف عليها من حيث: معناها وماهيتها، وعناصرها، وخواصها، وحالاتها، وموقف الناس منها؛ إذ المؤمنون يرون أنها خلق من مخلوقات الله تعتريها صفات العبودية من إيجاد وفناء وتسيير، وعبادة لله، كما قال تعالى: (وَإِن مِّن شَيْءٍ إِلاَّ يُسَبِّحُ بِحَمْدِهِ وَلَكِن لاَّ تَفْقَهُونَ تَسْبِيحَهُمْ)، بخلاف من يرون أن المادة قديمة أزلية وأنها لا تفنى وإنما تتحول وتبقى. وأهمية التعريف بالمادة في معجم المصطلحات الكونية تكمن في خطورة هذه المقولة ومصادمتها للعقيدة الإسلامية، إضافة إلى كثرة ورودها في المصادر والمراجع العلمية؛ ورغم تراجع الماديين في هذا الوقت وبيان زيف كثير من مفترياتهم الإلحادية ـ إلا أن القول ببقاء المادة وعدم فنائها لا يزال في مناهج بعض المسلمين!!.

تعريف المادة:

المادة في اللغة:

الزيادة المتصلة، وجمعها مواد؛ يقول أبو علي القالي: والمادة: كل شيء يكون مدادًا لغيره، ويقال في بعض الكلام: دعوا في الضرع مادة اللبن، والمتروك من اللبن هو الداعية، وما اجتمع إليه المادة، والأعراب أصل العرب ومادة الإسلام، فهذا هو معنى المادة في لغة العرب، أما معناها في اصطلاح أهل العلوم، فقد عرّفوها بتعريفات أهمها: إنها الجوهر والأصل في تكوين الأشياء، أو هي الشيء الحسي الذي يدرك بإحدى الحواس الخمس كالحديد والماء والهواء، وعرفت بأنها: كل ما يتكون ويشغل حيزًا: أو ما يتكون منه جميع الأشياء، وصرح العلماء الماديون بأنها أزلية وأنها لا تتلاشى أو تفنى وإنما تتحول، وعرفها ابن سينا بقوله: إن المادة وإن كانت سببًا للجسم فإنها ليست سببًا يعطي الوجود بل سبب يقبل الوجود.

بنية المادة

المواد العادية مكونة من ذرّات، والذرة هي: أصغر عنصر يمكنه الدخول في تفاعل كيميائي لتكوين المركب.

وتحتوي الذرات على جسيمات تسمى: (البروتونات) و(النيترونات) و(الإلكترونات) وتتكون البروتونات والنيترونات من جسيمات صغيرة يطلق عليها (الكوارات) تربطها جسيمات تسمى (القلوانات).

وتكوِن الذرات جسيمات كبيرة تسمى الجزيئات، وهذه المركبات إما عضوية أو غير عضوية. والعضوية هي التي يوجد معظمها في الكائنات الحية (حيوانية ونباتية) وتحتوي على ذرة الكربون وتتكون من جزيئات كبيرة قد تحتوي على آلاف الذرات.

عناصر المادة

يقول العلماء الكونيون: إن ما في الكون ينقسم إلى مادة وقوة، فالذهب والنحاس مثلاً مادة، والحركة والكهرباء والحرارة قوة.

والقوة والمادة مختلفان ولكنهما متلازمان فلا توجد مادة في الكون الفيزيائي مستقلة عن قوة ولا قوة مستقلة عن مادة، ولكل من المادة والقوة خواص يشتركان في بعضها ويختلفان في البعض الآخر، وكان العلماء قديمًا يظنون أن المواد يرجع تركيبها إلى أربعة عناصر هي:

1 - الماء.

2 - التراب.

3 - الهواء.

4 - النار.

غير أنهم توصلوا في هذا العصر إلى أن المواد كلها ــ رغم اختلافها ــ ترجع في تركيبها إلى مائة وخمسة عناصر، والعنصر هو المادة التي لا يمكن تحليلها إلى مادة أبسط.

خواص المادة

وللمادة نوعان من الخواص:

أ - الخواص الفيزيائية وتعرف بالحس.

ب - الخواص الكيميائية وتعرف بأمور كالوزن والكثافة.

وأهم خواص المادة:

1 - المرونة.

2 - القوى والتوازن في السائعات.

3 -الضغط الجوي.

4- خواص السوائل.

حالات المادة

توجد المادة - عادة - في واحدة من ثلاث حالات هي:

1- المادة الصلبة الجامدة كالصخور.

2- المادة السائلة كالماء.

3- المادة الغازية كالهواء.

ومع معرفة العلماء لخواص المادة وحالاتها إلا أنهم لم يزالوا عاجزين عن معرفة كنه المادة التي تتركب منها الأشياء المحسوسة في الكون، وأهم ما يعنينا هنا هو الوقوف عند نقطتين ـــ وأما ما عدا ذلك من نظريات فيمكن أن يقبل منه أو يرد:

الأولى: القول بأن المادة أزلية وأنها لا تتلاشى وتفنى وإنما تتحول، وهو ما يعبرون عنه تارة بحفظ المادة، أو قانون بقاء المادة، ويدعي بعض الماديين أن هذا التوهم من المسلّمات العلمية!!

جاء في كتاب أسس المادية الديالكتيكية قولهم: ليس للكون نهاية والعالم أبدي وليس له بداية ولن يكون له نهاية.

الثانية: قولهم إن الحياة تكونت من المادة مباشرة بفعل الطبيعة على سبيل المصادفة، وإن الكون جميعه نشأ من المادة بطريق التوالد الذاتي بسبب الطبيعة.

ورغم بطلان هذه النظريات من الناحية الشرعية والعلمية فإنها لا تزال تدرس في بعض بلاد عالمنا الإسلامي!

الأدلة على حدوث المادة وفنائها:

إن المسلمين يكفيهم في الإقناع بحدوث المادة من العدم وفنائها ما ورد من أدلة كثيرة، قال تعالى: (كُلُّ مَنْ عَلَيْهَا فَانٍ * وَيَبْقَى وَجْهُ رَبِّكَ ذُو الْجَلالِ وَالإِكْرَامِ).

وقوله تعالى: (أَمْ خُلِقُواْ مِنْ غَيْرِ شَىْءٍ أَمْ هُمُ الْخَالِقُونَ أَمْ خَلَقُواْ السَّمَاوَاتِ وَالأَرْضَ بَل لاَّ يُوقِنُونَ).

وقال جل وعلا: (هَذَا خَلْقُ اللهِ فَأَرُونِى مَاذَا خَلَقَ الَّذِينَ مِن دُونِهِ بَلِ الظَّالِمُونَ فِي ضَلاَلٍ مُّبِينٍ).

وقال: (إِنَّ رَبَّكَ هُوَ الْخَلاَّقُ الْعَلِيمُ).

وقال تعالى: (هُوَ الَّذِى خَلَقَ الْمَوْتَ وَالْحَيَاةَ لِيَبْلُوَكُمْ أَيُّكُمْ أَحْسَنُ عَمَلاً وَهُوَ الْعَزِيزُ الْغَفُورُ).

وقال: (إِنَّمَآ أَمْرُهُ إِذَآ أَرَادَ شَيْئًا أَن يَقُولَ لَهُ كُن فَيَكُونُ * فَسُبْحَانَ الَّذِى بِيَدِهِ مَلَكُوتُ كُلِّ شَىْءٍ وَإِلَيْهِ تُرْجَعُونَ).

وقال تعالى: (إِنَّا كُلَّ شَىْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ * وَمَآ أَمْرُنَآ إِلاَّ وَاحِدَةٌ كَلَمْحٍ بِالْبَصَرِ).

لقد حصر الله تعالى خلق جميع الأشياء من العدم على نفسه، ونفى قدرة غيره على ذلك وحكم على جميع مخلوقاته بالفناء، وعاب على من تنكر لعبادته وعبد غيره، فقال تعالى: (أَفَمَن يَخْلُقُ كَمَن لاَّ يَخْلُقُ أَفَلاَ تَذَكَّرُونَ) وقال: (قُلْ هَلْ مِن شُرَكَآئِكُم مَّن يَبْدَؤُاْ الْخَلْقَ ثُمَّ يُعِيدُهُ قُلِ اللهُ يَبْدَؤُاْ الْخَلْقَ ثُمَّ يُعِيدُهُ فَأَنَّى تُؤْفَكُونَ). فلا مجال إذًا للقول بأن الكون خُلق من صدفة، أو أنه أزلي. وقد اعترف كثير من علماء الغرب الماديين بذلك، ونقل سيد قطب - رحمه الله- عن كثير منهم أقوالاً صريحة في ذلك منها:

قول فرانك أللن: (إذا لم تكن الحياة قد نشأت بحكمة وتصميم سابق فلا بد أن تكون قد نشأت عن طريق المصادفة فما تلك المصادفة إذن حتى نتدبرها ونرى كيف تخلق الحياة). ثم أبطل القول بنشأتها صدفة، كما قام العالم الرياضي السويسري (تشارلز جف

جاي) بحساب هذه العوامل الافتراضية جميعًا فوجد أن الفرصة لا تتهيأ عن طريق المصادفة لتكوين جزيء بروتيني واحد، إلا بنسبة 1 إلى 10 مضروبًا في نفسه 160 مرة ـ وهو رقم لا يمكن النطق به أو التعبير عنه بكلمات – وينبغي أن تكون كمية المادة التي تلزم لحدوث هذا التفاعل بالمصادفة المفترضة بحيث ينتج جزيء واحد أكثر مما يتسع له كل هذا الكون بملايين المرات، ويتطلب تكوين هذا الجزيء على سطح الأرض وحدها – عن طريق المصادفة – بلايين لا تحصى من السنوات قدّرها هذا العالم السويسري بأنها عشرة مضروبة في 243 مرة من السنين. ويقول (إيرفنج وليام) في مقال له بعنوان (المادية وحدها لا تكفي) ما نصه: إن العلوم لا تستطيع أن تفسر لنا كيف نشأت تلك الدقائق الصغيرة المتناهية في صغرها والتي لا يحصيها عدد، وهي التي تتكون منها جميع المواد، كما لا تستطيع العلوم أن تفسر لنا بالاعتماد على فكرة المصادفة وحدها كيف تتجمع هذه الدقائق الصغيرة لكي تكون الحياة. ولا شك أن النظرية التي تدّعي أن جميع صور الحياة الراقية قد وصلت إلى حالتها الراهنة من الرقي بسبب حدوث بعض الطفرات العشوائية والتجمعات والهجائن – نظرية لا تقوم على أساس العلم المنطق والإقناع.

ومن أقوى الأدلة على بطلان نظرية بقاء المادة وتطورها ضمن حركة آلية ذاتية – من الناحية العملية والعلمية معًا – أن علماء الدولة الشيوعية المادية في روسيا إبّان قوّتها لم يستطيعوا – خلال سنوات عديدة من البحث والتجارب – أن يولّدوا خلية واحدة سواء كانت نباتية أم حيوانية رغم محاولاتهم الجادة المدعومة بإمكاناتهم المادية والمعنوية المتقدمة، وفي ذلك ما يكفي من الرد على فكرة أزلية المادة وعدم فنائها وتطورها ذاتيًّا أو عن طريق الصدفة، تلك النظرية الكاذبة الخاطئة.

هذا بالإضافة إلى أن الماديين يعترفون أن المادة مجردة عن العقل وأنها محكومة بقوانين ثابتة لا تتغير وهذا كاف في اعترافهم بأنها مخلوقة غير خالقة، إذ كيف يكون

الناقص المحكوم خالقًا؟! وصدق الله تعالى القائل: (مَآ أَشْهَدتُّهُمْ خَلْقَ السَّمَاوَاتِ وَالأَرْضَ وَلاَ خَلْقَ أَنفُسِهِمْ وَمَا كُنتُ مُتَّخِذَ الْمُضِلِّينَ عَضُدًا) وقال تعالى: (أَوَلَمْ يَرَ الإِنسَانُ أَنَّا خَلَقْنَاهُ مِن نُّطْفَةٍ فَإِذَا هُوَ خَصِيمٌ مُّبِينٌ * وَضَرَبَ لَنَا مَثَلاً وَنَسِيَ خَلْقَهُ قَالَ مَن يُحْيِي الْعِظَامَ وَهِيَ رَمِيمٌ * قُلْ يُحْيِيهَا الَّذِي أَنشَأَهَا أَوَّلَ مَرَّةٍ وَهُوَ بِكُلِّ خَلْقٍ عَلِيمٌ * الَّذِي جَعَلَ لَكُم مِّنَ الشَّجَرِ الأَخْضَرِ نَارًا فَإِذَآ أَنتُم مِّنْهُ تُوقِدُونَ * أَوَلَيْسَ الَّذِي خَلَقَ السَّمَاوَاتِ وَالأَرْضَ بِقَادِرٍ عَلَى أَن يَخْلُقَ مِثْلَهُم بَلَى وَهُوَ الْخَلاَّقُ الْعَلِيمُ * إِنَّمَآ أَمْرُهُ إِذَآ أَرَادَ شَيْئًا أَن يَقُولَ لَهُ كُن فَيَكُونُ * فَسُبْحَانَ الَّذِي بِيَدِهِ مَلَكُوتُ كُلِّ شَيْءٍ وَإِلَيْهِ تُرْجَعُونَ).

(رَبَّنَا لاَ تُزِغْ قُلُوبَنَا بَعْدَ إِذْ هَدَيْتَنَا وَهَبْ لَنَا مِن لَّدُنكَ رَحْمَةً إِنَّكَ أَنتَ الْوَهَّابُ).

فروض نظرية دالتون

1-المادة تتكون من دقائق صغيرة جدا غير قابلة للانقسام تسمى الذرات

2-ذرات العنصر الواحد متشابهة في الخواص ومختلفة في خواصها عن ذرات العناصر الأخرى

3-تتكون المركبات من اتحاد ذرتين أو أكثر

4-الذرات هي وحدات التفاعل الكيميائي

الذرة تاريخيا

النظريات التاريخية

قام كل من ديموقراطس و ليسيوبوس، " فلاسفة إغريق من القرن الخامس قبل الميلاد" بتقديم أول الإفتراضات بخصوص الذرة. فقد إفترضا أن لكل ذرة شكل محدد مثل الحصوات الصغيرة، وهذا الشكل هو ما يحكم خواص تلك الذرة. وقام دالتون في

القرن 19 بإثبات أن المادة تتكون من ذرات ولكنه لم يعرف شيئا عن تركيبها. وقد كان هذا الفرض مضاد لنظرية الانقسام اللانهائي، التي كانت تنص على أن المادة يمكن أن تنقسم دائما إلى أجزاء أصغر.

وخلال هذا الوقت، كانت الذرة تعتبر أنها أصغر جزء في المادة، وقد تغير هذا الفرض لاحقا إلى أن الذرة نفسها تتكون من جسيمات تحت الذرية وتم اكتشاف الإلكترون عن طريق تجربة طومسونوكانت عن أول الجسيمات التي يتم اكتشافها. وقد أدى ذلك لإثبات أن الذرة يمكن أن تنقسم. كما ساهمت اكتشافات راذرفورد في إثبات وجود النواة وأنها تحمل شحنة موجبة. وكل الدراسات الحديثة للذرة تأخذ في الاعتبار أن الذرة تتكون من جسيمات تحت ذرية.

ومنذ عهد ديموقراطس تم اقتراح نظرات عديدة لتركيب الذرة منها :

- نظرية البودينج
- نظرية الذرة المكعبة
- تصور بوهر
- التصور الموجي وهو التصور المقبول حاليا راجع تركيب الذرة.

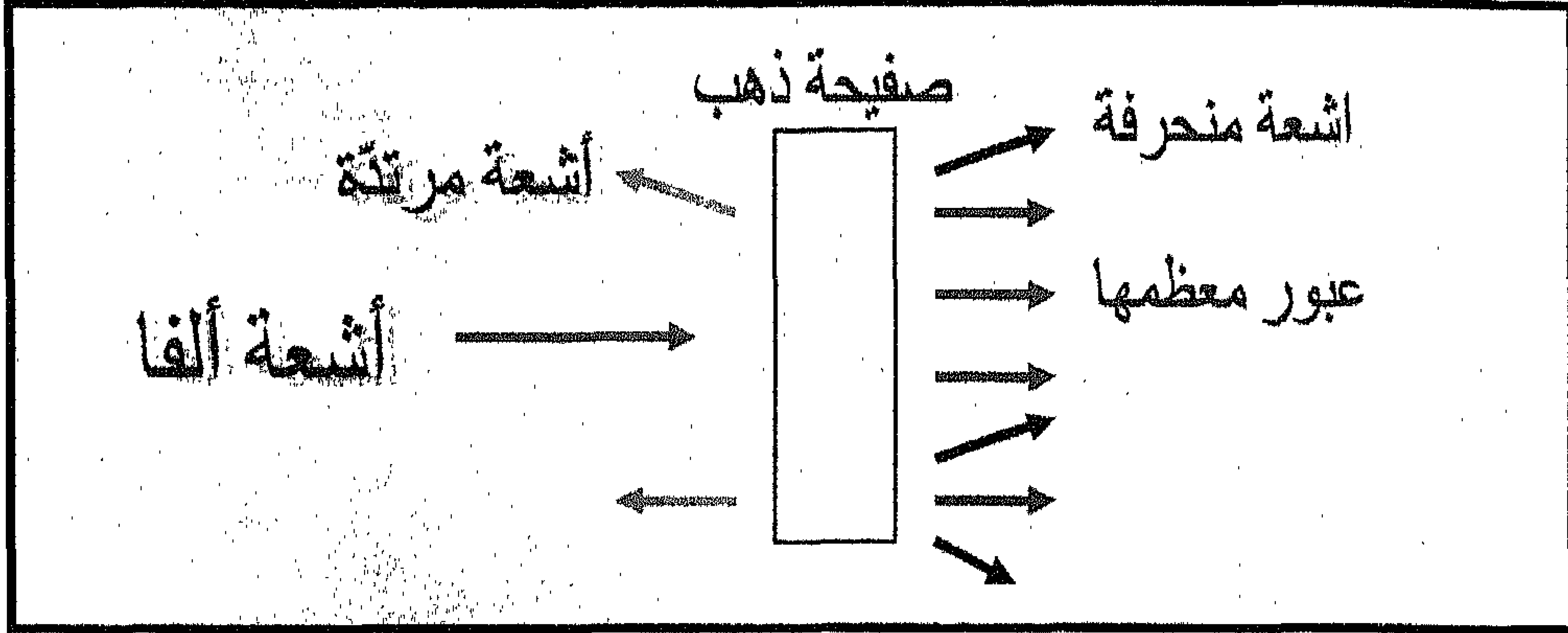
وبينما تم إثبات خطأ نظرية ديموقراطس تماما، فإن كثير من النظريات الحديثة مبنية على أفكار مشابهه مثل الشكل والإهتزاز وهذه الأفكار تماثل خواص الجسيمات تحت الذرية.

أصل تسمية الذرة

يرجع أصل كلمة الذرة إلى الكلمة الإغريقية أتوموس، وتعنى غير قابل للانقسام. وحتى القرن 19 حيث تم عرض تصور بوهر كان الاعتقاد السائد أن الذرات جسيمات دقيقة للغاية وغير قابلة للانقسام

مكونات الذرة

بعد اكتشاف الإلكترون تم البحث عن مكونات أخرى وقد لوحظ عند امرار التيار الكهربائي ي في أنابيب التفريغ ذات مهبط مثقب تتكون أشعة ملونة خلف المهبط عكس اتجاه أشعة المهبط وهي البروتونات



تجربة رذرفورد

قام بتسليط أشعة ألفا على صفيحة من الذهب ولاحظ :

1- معظمها يمر دون انحراف(دليل مرورها في فراغ)

2- قليل منها يعبر ولكن يحدث له انحراف عن (لمروره من شحنة موجبة)

3- قليل جدا يرتّد ولا يعبر(لاصطدامها بشحنة موجبة)

ظاهرة النشاط الإشعاعي : إطلاق إشعاعات غير عادية من بعض الذرات

ومن خلال الجدولين الأول والثاني يمكن معرفة سعة الدار الأول والثاني والثالث للعناصر من (1 – 20) وكذلك عملية التوزيع الالكتروني في الجدول الثاني

المدار الأول	2
المدار الثاني	8
المدار الثالث	8

العنصر	الرمز	العدد الذري	التوزيع الالكتروني
الكربون	C	6	2.4
النيتروجين	N	7	2.5
الأكسجين	O	8	2,6
الفلور	F	9	2.7
النيون	Ne	10	2.8
الصوديوم	Na	11	2.8.1
الماغنسيوم	Mg	12	2.8.2
الالومنيوم	AL	13	2.8.3
الكالسيوم	Ca	20	2.8.8.2

ملاحظة: يملا المدار الثالث بثمانية الكترونات فقط للعناصر من (1-20) كما هو الحال في المثال بالنسبة للكالسيوم يمكن معرفة العنصر في أي مجموعة يقع من خلال المدار الأخير في التوزيع الالكتروني كما هو مبين بالجدول :

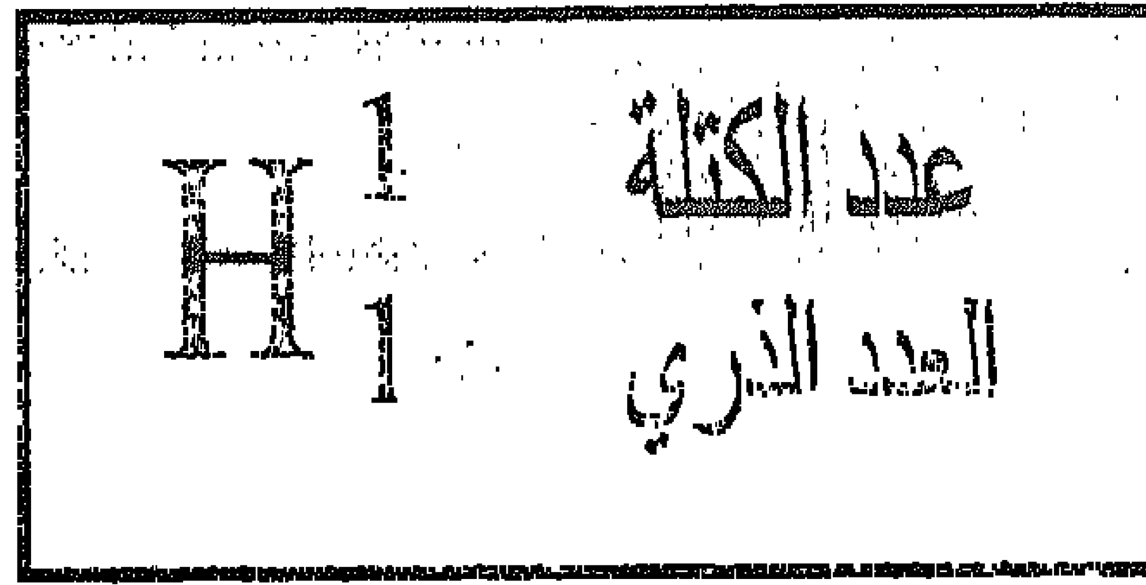
العنصر	التوزيع الالكتروني	المجموعة التي يقع فيه
الكربون C (6)	2.4	الرابعة
الأكسجين O (8)	2,6	السادسة
النيون Ne (10)	2.8	الثامنة
الماغنسيوم Mg (12)	2.8.2	الثانية
الالومنيوم AL (13)	2.8.3	الثالثة
الكالسيوم Ca (20)	2.8.8.2	الثانية

الإلكترون له أقل كتلة من البروتون والنيترون

معظم كتلة الذرة تكون في النواة

النظائر : ذرات للعنصر نفسه متشابهة كيميائيا ومختلفة في الكتلة

الشكل التالي يوضح العدد الكتلي والعدد الذري لنعصر الهيدروجين حيث كما هو واضح يكون العدد الكتلي في أعلى العنصر والعدد الذري في الأسفل



العدد الذري (Z) = عدد البروتونات (+) = عدد الإلكترونات (ــــ)

العدد الكتلي (A) = عدد النيوترونات + العدد الذري (Z)

العدد الكتلي (A) = عدد النيوترونات + عدد البروتونات أو عدد الإلكترونات

عدد النيوترونات = العدد الكتلي (A) ــــ العدد الذري (Z)

الجدول التالي يبين حساب عدد البروتونات والنيترونات والالكترونات لنضير الكربون

صور العنصر / مكوناته	$^{12}_{6}C$	$6\ ___^{13}C$	$^{14}_{6}$— — C
العدد الكتلي	12	**13**	**14**
العدد الذري	6	**6**	**6**
عدد الإلكترونات	6	**6**	**6**
عدد البروتونات	6	**6**	**6**
عدد النيوترونات	6	7	8
تسمى صور عنصر الكربون :- ــــ نظائر الكربون			
صور العنصر / مكوناته	$^{16}_{8}O$	$8\ __^{17}O$	$^{18}_{8}$— — O
العدد الكتلي	16	17	18
العدد الذري	**8**	**8**	**8**
عدد الإلكترونات	**8**	**8**	**8**
عدد البروتونات	**8**	**8**	**8**
عدد النيوترونات	**8**	**9**	**10**
تسمى صور عنصر الأكسجين بــــ نظائر الأكسجين			

الطب النووي : عبارة عن استخدام نظائر مشعة مختارة في تشخيص ومعالجة أمراض السرطان وأمراض مستعصية أخرى

العالمة ماري كوري هي من استخدمت المواد وقامت بدراستها

الكواركات : عبارة عن نقطة طاقة سريعة الحركة

المجهر الالكتروني النفقي : هو مجهر ينتج صورا لعينات معدنية وبيولوجية

تطور نماذج الذرة :

الجدول التالي يبين تطور نماذج الذرة بالنسبة لعدد من العلماء :

نموذج دالتون	الذرة عبارة عن كرة مصمتة
نموذج طومسون	الذرة كرة موجبة الشحنة تحتوي على ذرات
نموذج رذرفورد	عبارة عن فراغ كبير ويرتكز في منتصفها كتلة كبيرة موجبة الشحنة تدور حولها الكترونات سالبة الشحنة.
نموذج بور	توجد مستويات للطاقة ولن الالكترونات تمتلك طاقة
النموذج الحديث	الذرة عبارة عن سحابة الكتروني ونواة بالداخل

المادة المركبة

هي مادة تتكون من مادتين مختلفتين على الأقلّ، شرط أن لا يتم ذوبان أحد الأجسام بالتقائه بالجسم الآخر وأن تكون قابلية الانضمام بينهم عالية و أن لا تختلف اختلافاً كبيراً في الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية.

أهم المواد المركبة

يتم استعراضها بذكر اسم الألياف المكونة للمواد المركبة:

1. ألياف الزجاج: تستعمل في تصنيع الأجهزة الرياضية وحمامات السباحة والسيارات
2. ألياف الكربون: تستعمل خاصة في الصناعات الجوفضائية، و هي غالية الثمن، وهي تستخدم على نطاق واسع في الألواح الشمسية ومولدات الطاقة الهوائية.

3. الخشب الرقائقي
4. الاسمنت المسلح في الهندسة المدنية
5. الاراميد: يستعمل في الملابس الواقية من الرصاص و الحماية من الآلات الحادة.
6. الجلار (الجيم المصريه) : خليط من ألياف الزجاج و الالومنيوم.

مادة التقوية

Reinforcement هي الهيكل الذي يتحمل القوى الميكانكية. و يمكن أن يتمثل في عدة أشكال: ألياف قصيرة أو ألياف طويلة مسترسلة وذلك حسب الاستخدام المناط.

المادة الأساس

Matrix هدف استعمال المادة الأساس هو إيصال المجهود الميكانيكي إلى مادة التقوية. و هي تضمن حماية مادة التقوية من العوامل الخارجية.

نتبين وجود ثلاث أنواع من مواد الأساس:

المواد المركبة ذات مادة الأساس العضوية

يتم فيها استعمال البوليمير كالبوليستر، الفينول، الفينيل استر، البوليبروبيلين، البولي أكريليك إلخ

المواد المركبة ذات مادة الأساس الخزفية

للتطبيقات المتقدمة في الجوفضاء وفي المجال العسكري والنووي.

المواد المركبة ذات مادة الأساس المعدنية

في هذه الحالة: تكون مادة الأساس معدنية (ألومنيوم، زنك، مغنزيوم، نيكل) و مادة التقوية معدنية أو خزفية

المواد المركبة ودورها في صناعة الطائرات

تفوقت المواد المركبة (composite materials) على المواد الإنشائية التقليدية في كثير من المجالات وذلك بسبب:

1. متانة أكبر بكثير من متانة المواد الإنشائية التقليدية
2. سهولة تشكيل الأشكال المعقدة وبأحجام وأبعاد كبيرة
3. خفة الوزن بشكل كبير بدون التأثير على خواص المتانة.
4. انخفاض معدلات التعب والزحف والعسو إلى مرحلة يمكن اعتبارها غير موجودة نهائياً
5. مقاومة حرارية عالية (بالنسبة لخلائط السيراميك.
6. مقاومة أكبر للمواد الكيميائية والعوامل الجوية (لا تصدأ)
7. ممانعة هائلة لعدم انتشار الشقوق الذي قد يحدث نتيجة للاهتزاز، وبالتالي فهي ممتازة كمحاور دورانية

هذه الأسباب كلها دفعت بالمواد المركبة إلى أعلى القائمة وجعلتها العنصر المفضل في إنشاء الطائرات، وعلى الرغم من ذلك فإن الطائرات في يومنا هذا لا تزال تحتوي الكثير من العناصر الإنشائية العادية إلا أن المستقبل القريب يبشر بإمكانات أوسع للمواد المركبة. فيما يلي مخطط بسيط لإظهار كيفية تقدم استخدام المواد المركبة في إنشاء الطائرات.

المساوئ

1. تغير خواصها الميكانيكية والفيزيائية بشكل أسرع من المواد التقليدية تحت الظروف المختلفة.
2. عمرها أقصر من عمر المواد التقليدية

3. مقاومتها الحرارية لا تزال منخفضة (رغم وجود دراسات حالية تجري بهذا الشأن، يكفي بأن نقول بأن مقدمة المكوك الفضائي مصنوعة من المواد المركبة وهي التي تتحمل القسم الأكبر الناتجة عن طاقة الاحتكاك مع الغلاف الجوي حال عودته إلى الأرض)
4. مواد كيميائية مضرة بالبيئة غالباً لا يمكن إعادة تصنيعها ويصعب التخلص منها

الــــــذرة

الذرة هي أصغر جزء من العنصر الكيميائي الذي يحتفظ بالخصائص الكيميائية لذلك العنصر. يرجع أصل كلمة ذرة إلى الكلمة الإغريقية أتوموس، وتعني غير القابل للانقسام؛ إذ كان يعتقد أنه ليس ثمة ما هو أصغر من الذرة. تتكون الذرة من سحابة من الشحنات السالبة (الإلكترونات) تحوم حول نواة موجبة الشحنة صغيرة جدا في الوسط. تتكون النواة الموجبة هذه من بروتونات موجبة الشحنة، و نيوترونات متعادلة. الذرة هي أصغر جزء من العنصر يمكن أن يتميز به عن بقية العناصر؛ إذ كلما غصنا أكثر في المادة لنلاقي البنى الأصغر لن يعود هناك فرق بين عنصر و آخر. فمثلاً، لا فرق بين بروتون في ذرة حديد و بروتون آخر في ذرة يورانيوم مثلاً، أو ذرة أي عنصر آخر. الذرة، بما تحمله من خصائص؛ عدد بروتوناتها، كتلتها، توزيعها الإلكتروني...، تصنع الفروقات بين العناصر المختلفة، و بين الصور المختلفة للعنصر نفسه (المسماة بالنظائر)، و حتى بين كون هذا العنصر قادراً على خوض تفاعل كيميائي ما أم لا.

ظل تركيب الذرة و ما يجري في هذا العالم البالغ الصغر، ظل و ما زال يشغل العلماء و يدفعهم إلى اكتشاف المزيد. و من هنا أخذت تظهر فروع جديدة في العلم حاملة معها مبادئها و نظرياتها الخاصة بها، بدءاً بمبدأ عدم التأكد (اللاثقة)، مروراً بنظريات التوحيد الكبرى، و انتهاءً بنظرية الأوتار الفائقة.

النظرية الذرية

النظرية الذرية تهتم بدراسة طبيعة المادة، و تنص على أن كل المواد تتكون من ذرات.

نظرية دالتون : تضمنت هذه النظرية عدة فرضيات أهمها أنّ المادة تتكون من دقائق صغيرة جداً غير قابلة للانقسام تسمى ذرات.

تركيب الذرة

أكثر النظريات التي لاقت قبولا لتفسير تركيب الذرة هي النظرية الموجية للإلكترون. وهذا التصور مبني على تصور بوهر مع الأخذ في الاعتبار الاكتشافات الحديثة والتطويرات في ميكانيكا الكم.

و التي تنص على :

- تتكون الذرة من جسيمات تحت ذرية (البروتونات ،الإلكترونات ،النيوترونات.
  - مع العلم بأن معظم حجم الذرة يحتوى على فراغ.
- في مركز الذرة توجد نواة موجبة الشحنة تتكون من البروتونات، النيوترونات (ويعرفوا على أنهم نويات).
- النواة أصغر 100,000 مرة من الذرة. فلو أننا تخيلنا أن الذرة بإتساع مطار هيثرو فإن النواة ستكون في حجم كرة الجولف

دالة الطول الموجي للمدار الإلكترونى للهيدروجين. عدد الكم الرئيسي على اليمين من كل صف وعدد الكم المغزلي موضح موجود على هيئة حرف في أعلى كل عمود

- معظم الفراغ الذري تشغله مدارات تحتوى على الإلكترونات في توزيع إلكترونى محدد.

- كل مدار من نوع s يمكن أن يتسع لعدد 2 إلكترون، محكومين بأربعة أرقام للكم، عدد الكم الرئيسي، عدد الكم الثانوي، عدد الكم المغناطيسي، وعدد الكم المغزلي.
- كل إلكترون في أي من المدارات له قيمة واحدة لعدد الكم الرابع والذي يسمى عدد الكم المغزلي المغناطيسي، وقيمته إما $s=+1/2$ (متجه إلى أعلى) أو $s=-1/2$ (متجه إلى أسفل).
- المدارات ليست ثابتة ومحددة في الاتجاه وإنما هي مناطق حول النواة تمثل احتمال تواجد 2 إلكترون لهم نفس الثلاث أعداد الأولى للكم، وتكون آخر حدود هذا المدار هي المناطق التي يقل تواجد الإلكترون فيها عن 90 ٪.

- عند انضمام الإلكترون إلى الذرة فإنه يشغل أقل مستويات الطاقة، والذي تكون المدارات فيه قريبة للنواة (*مستوى الطاقة الأول*). وتكون الإلكترونات الموجودة في المدارات الخارجية (*مدار التكافؤ*) هي المسئولة عن الترابط بين الذرات. لمزيد من التفاصيل راجع "التكافؤ والترابط"

مراحل اكتشاف بناء الذرة

حتى نهاية القرن التاسع عشر كان الاعتقاد سائدا بأن الذرة هي جسم صغير للعنصر لا ينقسم. وباكتشاف الإلكترون من العالم الإنجايزي تومسون في عام 1897 عن طريق تجربته الشهيرة بتجربة نقطة الزيت، انفتح الطريق لاكتشافات أكبر من ذلك استغرقت نحو 35 عام حتي استطاع العلماء فك آخر أسرار الذرة حوالي عام 1930. وبعدها بدء العلماء تكريس اهتمامهم لدراسة وتفسير بناء نواة الذرة نفسها.

- بعد اكتشاف تومسون للإلكترون عرف أنه يحمل شحنة كهربية سالبة. ثم خلفه العالم الإيرلندي إرنست رذرفورد الذي صوب في عام 1911 وابل من أشعة ألفا خلال

شريحة رقيقة من الذهب، والمعروف أن أشعة ألفا تحمل شحنة كهربية موجبة، فلاحظ رزرفورد انحراف بعض أشعة ألفا عند تخللها الشريحة إنحرافاً شديداً. وفسر ذلك بحدوث اصتدامات بين أشعة ألفا بمركز ثقيل في ذرة الذهب. وبما أن الإلكترونات التي في الذرة بوزنها الخفيف لا تستطيع التسبب في هذا الانحراف الكبير، فلا بد وان تكون الشحنة الموجبة في الذرة متمركزة في النواة، وأن الإلكترونات تدور حولها، مثلما يحدث بالنسبة لدوران الكواكب حول الشمس. ولكن لم يستطع رزرفورد تفسير عدم انهيار الإلكترونات علي النواة طبقا لقانون التجاذب الكهرومغناطيسي حيث أن الإلكترونات سالبة الشحنة والنواة شحنتها موجبة.

• وجاء العالم الدنمركي نيلز بوهر في عام 1913 وافترض أن الإلكترونات لا بد وأن تتخذ حالات معينة حول النواة لا تفقد فيها طاقتها، وسمى تلك الحالة بالحالة الأرضية للإلكترون. وافترض انه عند إثارة الذرة بالحرارة العالية مثلا، فإن الإلكترون ينتقل من الحالة الأرضية إلى حالة أعلى من الطاقة، وعند قفزته وعودته إلى الحالة الأرضية فإنه يـُطلق فارق الطاقة التي يحملها على هيئة فوتون أي شعاع ضوئي ذو تردد محدد.

• ولتفسير النظام المتتالي للعناصر طبقاً للجدول الدوري حيث يتزايد عدد الإلكترونات في الذرة بتزايد العدد الذري، اقترح العالم الكيميائي الأمريكي لانجموير عام 1919 تواجد الإلكترونات في مجموعات حول النواة في أغلفة متطابقة فوق بعضها حول النواة. وبملاحظة أن بعض العناصر لا يتفاعل كيميائياً، وجد أن تلك العناصر الخاملة تتميز باحتوائها على أعداد مميزة من الإلكترونات، مثل الهيليوم ويحتوي على 2 من الإلكترونات، والنيون ويحتوي على عدد 10 إلكترزنات، والأرجون يحتوي على عدد 18 من الإلكترونات، ثم يتلوهم في الجدول الدوري غاز الكريبتون وهو يحتوي على 32 من الإلكترونات. فأبدى برأيه بأنه ليست جميع الإلكترونات الموجودة في الذرة تشترك في

التفاعل الكيميائي،وان إلكترونات معينة تشترك في التفاعل الكيميائي وسمى هذه إلكترونات التكافؤ.

- حوالي عام 1920 صنف العلماء الإلكترونات الموجودة في الذرة إلي مجموعات تتناسب مع خطوط الطيف التي يحصلون عليها للعناصر المختلفة، والتي يميزون خطوطها بالأصناف s, p, d, f. وتوصلوا إلي خصيصة أن الإلكترونات التي تشغل أعلى مستوى للطاقة في الذرة تشكل مجموعة إلكترونات التكافؤ وأن تكون هذه موجودة في الأغلفة الخارجية. وأن الإلكترونات التي تملأ الأغلفة الداخلية في الذرة لها طاقة أقل من إلكترونات الموجودة في الغلاف الأعلي، مما يجعل مثلاإلكترونات المدار d3 لها طاقة أعلى من طاقة المدار s4، ولهذا فهي تشترك في التفاعل الكيميائي، وأما إلكترونات المدار s4 فلا تشترك.

- لم تستطع أي نظرية كلاسيكية تفسير توزيع خطوط الطيف للعناصر المختلفة، وأصبح واضحاً للعلماء في أوائل العشرينيات أن

رياضة بحتة جديدة يجب ابتكارها، وان تأ خذ تلك الرياضة الجديدة خاصية مثنوية موجة-جسيم للإلكترون في الاعتبار. وخلال الأعوام 1923 - 1926 نجح العالم الألماني هيزنبرج والعالم النمساوي شرودنجر كل على حدة، في ابتكار طريقتين رياضيتين جديدتين على أساس الطبيعة الموجية للإلكترون. واعتمد هيزنبرج على حساب المصفوفات، وأما شرودنجر فاعتمدت طريقته على الميكانيكا الموجية، وسميت هاتان الطريقتان ميكانيكا الكم.

- من خلال أعمال هيزنبرج وشرودنجر وضح أهمية إدخال عدد كم ثانوي (أو السمتي)l إلى جانب عدد الكم الرئيسي n، كعددان يحددان الطاقة الكمومية لكل

إلكترون في الذرة. فعدد الكم الرئيسي n يحدد عددالإلكترونات الكلي في الذرة بحسب العلاقة

$2n^2$، أي أن الغلاف n=1 يحتوي على 2 إلكترون، و الغلاف n=2 على 8 إلكترونات، والغلاف n=3 يحتوي على 18 إلكترون، وهكذا. ويرتبط عدد الكم الثانوي l بعدد الكم الرئيسي n بالعلاقة l=0, 1, 2 ،.. <n-1. وهو يشكل ما يسمى تحت الأغلفة أو المدارات، ويحدد عدد الإلكترونات في كل مدار بالعلاقة $2(2l+1)$.

- وتبلور خلال عام 1929 النموذج المداري للذرة كالآتي:

l=0 ويسمى مدار s ويمكن أن يحتوي على 2 إلكترون.

l=1 ويسمى مدار p ويمكن أن يحتوي على 6 إلكترونات (الغلاف الثاني وأعلاه)

l=2 ويسمى مدار d ويمكن أن يحتوي على 10 إلكترونات (الغلاف الثالث وأعلاه)

l=3 ويسمى مدار f ويمكن أن يحتوي على 14 إلكترون (الغلاف الرابع وأعلاه) وهكذا.

- بذلك تمكن العلماء من تفسير البناء الذري للعناصر من الخفيف إلى الثقيل كالآتي:

الإيدروجين : عدد الإلكترونات 1 ويشغل المدار $1s^1$

الهيليوم : عدد الإلكترونات 2 ويشغلان المدار $1s^2$

الليثيوم : عدد الإلكترونات 3 ويشغلون المدارين $1s^2 2s^1$

البريليوم : عدد الإلكترونات 4 ويشغلون المدارين $1s^2 2s^2$

البورون : عدد الإلكترونات 5 ويشغلون المدارات $1s^2 2s^2 2p^1$،

النيون : عدد الإلكترونات 10 ويشغلون المدارات $1s^2 2s^2 2p^6$ وهكذا.

ويلاحظ أن العناصر الخاملة مثل الهيليوم و النيون تتميز بأغلفة ممتلئة تماماً، الهيليوم وله الغلاف الأول ممتلئ ب 2 إلكترون والنيون له غلافين،الأول ممتلئ ب 2 إلكترون والغلاف الثاني ممتلئ ب 2 + 6 إلكترونات، وهذا سر خمولها.

العنصر التالي للنيون هو الصوديوم وله 11 إلكترون، تتوزع فيه الإلكترونات العشرة الأولى بالضبط كما في النيون، أما الإلكترون رقم 11 فيشغل المدار $s3^{1}$ ولهذا نجد أن الصوديوم ذو نشاط كيميائي كبير، وإلكترونه رقم 11 هو إلكترون تكافؤ.

• ومع كل هذا النجاح استلزم التحليل الدقيق لأطياف العناصر إدخال عددين كموميين آخرين، لهما شأن أيضا ولو ضئيل في تحديد الطاقة الكمومية لكل إلكترون في الذرة، وهما:

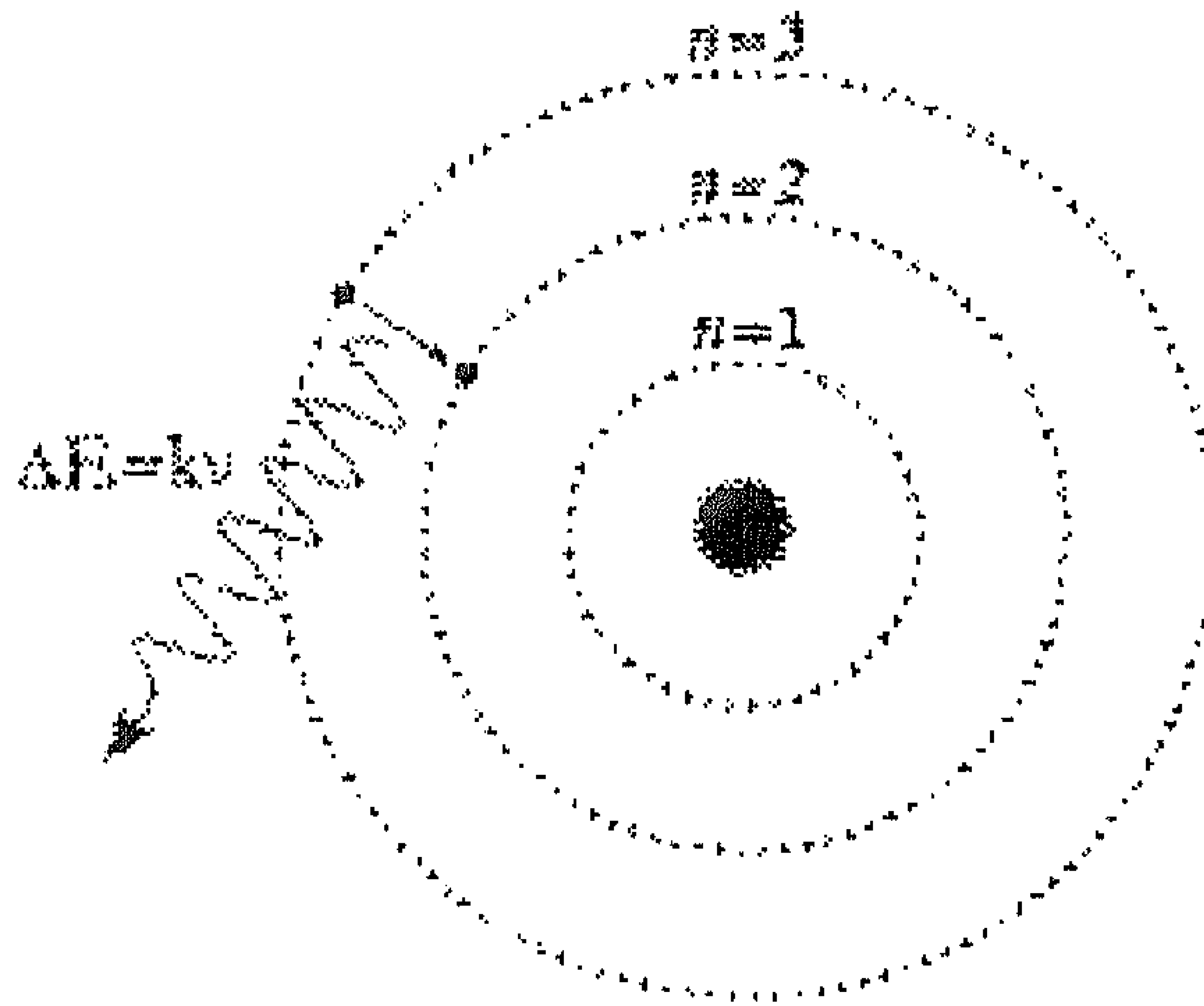
عدد الكم المغناطيسي m_l وهو يأخذ القيم من 1 إلي 1-،

وعدد الكم المغزلي m_s وهو يأخذ القيم 2/ 1 أو 2/ 1-.

وقد اضطر العلماء إدخال هذان العددين الكمومين لتفسير ظاهرة انقسام خطوط الطيف تحت تأثير مجال مغناطيسي خارجي وهذا التأثير يـُعرف بتأثير زيمان والذي اكتشفه العالم الهولندي زيمان، كما تنشق أيضاً خطوط الطيف تحت تأثير مجال كهربائي خارجي، وهذا التأثير اكتشفه العالم الألماني شتارك ويسمى باسمه تأثير شتارك، وأمكن بذلك تحديد حالة وطاقة كل إلكترون في الذرة بأربعة أعداد كمومية هي : n, l, m_l ، m_s

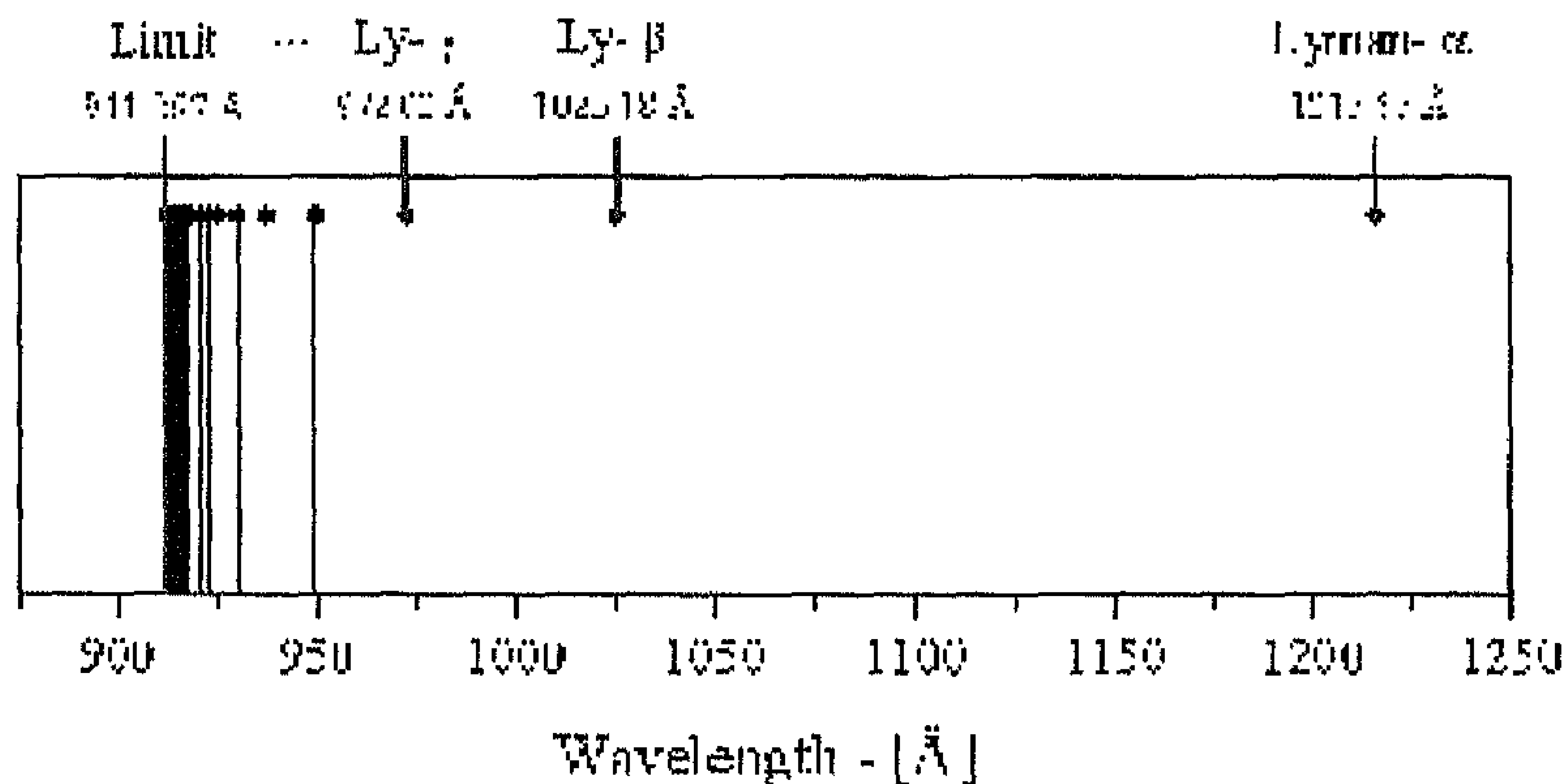
بدقة كاملة. وهذا مطابق تماماً مع مبدأ استبعاد باولي الذي صاغه العالم النمساوي ولفجانج باولي عام 1925، ذلك المبدأ الذي ينص على أن جسمين كموميين مثل الإلكترون، لا يصح لهما أن يحتلا نفس الحالة الكمومية في الذرة. ونجد أن الإكترونان في ذرة الهيليوم مثلا يشغلان المدار $s1^{2}$ ولهما نفس الطاقة الكمومية ولكن يتخذ أحد الإلكترونين الحالة المغزلية $m_s = 1/2$، ويتخذ الإلكترون الثاني الحالة المغزلية $m_s = -1/2$.

• ينطبق مبدأ باولي علي جميع الجسيمات الأساسية ذات العدد الكمومي $m_s = 1/2$، مثل الإلكترون والبروتون والنيوترون، وغيرها.



• هذه الصورة توضح نموذج ذرة الإيدروجين الذي إقترحه بوهر. الإلكترون يدور في مدار حول النواة

و يمكن أن يغير مداره من الداخل إلى أعلى عندما يكتسب طاقة من الخارج. ويطرد هذه الطاقة المكتسبة على هيئة فوتون ((كمومي))، أي على هيئة شعاع ذو تردد محدد وبالتالي طاقة محددة، عندما يقفز الإلكترون من مستوى طاقة المدار العلوي إلى مستوي طاقة مدار سفلي، كما في الشكل.



- هذا هو طيف غاز الإيدروجين المثار عند درجة حرارة عالية كما حصل عليه العالم الدنمركي لايمن أواخر القرن التاسع عشر. ولاحظ أن خطوط الطيف منفصلة عن بعضها، وكل خط منها (أي شعاع ضوء فوتون) يتميز بطول موجة محددة.

حجم الذرة

لا يمكن تحديد حجم الذرة بسهولة حيث أن المدارات الإلكترونية ليست ثابتة ويتغير حجمها بدوران الإلكترون فيها. ولكن بالنسبة للذرات التي تكون في شكل بلّورات صلبة، يمكن تحديد المسافة بين نواتين متجاورتين وبالتالى يمكن عمل حساب تقديري لحجم الذرة. والذرات التي لا تشكل بلّورات صلبة يتم استخدام تقنيات أخرى تتضمن حسابات تقديرية. فمثلا حجم ذرة الهيدروجين تم حسابها تقريبيا على أنه 1.2×10^{-10} م. بالمقارنة بحجم البروتون وهو الجسيم الوحيد في نواة ذرة الهيدروجين 0.87×10^{-15} م. وعلى هذا فإن النسبة بين حجم ذرة الهيدروجين وحجم نواتها تقريبا 100,000 .وتتغير أحجام ذرات العناصر المختلفة، ويرجع ذلك لأن العناصر التي لها شحنات موجبة أكبر في نواتها تقوم بجذب إلكترونات بقوة أكبر ناحية النواة.

العناصر و النظائر

كل عنصر، بمعنى ذرة كل عنصر، يحمل عدداً خاصاً به من البروتونات (يعرف بالعدد الذري)، و هذا العدد من البروتونات لا يشاركه به غيره من العناصر؛ فعنصر الصوديوم مثلاً يحمل أحد عشر بروتوناً، و في حال قابلت عنصراً ما يحمل أحد عشر بروتوناً فكن على ثقة أنك أمام عنصر الصوديوم أو على الأقل أمام إحدى صوره.و تتشارك الذرات التي لها نفس العدد الذري في صفات فيزيائية كثيرة، وتتبع نفس السلوك في التفاعلات الكيميائية. ويتم ترتيب الأنواع المختلفة من العناصر في الجدول الدوري طبقا للزيادة في العدد الذري.

الكتلة الذرية بمفهومها البسيط هي مجموع كتل المكونات التي تحتويها الذرة؛ فهي تمثل مجموع كتل البروتونات و النيوترونات و كذلك الإلكترونات، لكن لأن كتلة الإلكترونات ضئيلة جداً فإنها تهمل، و يؤخذ بمجموع كتل البروتونات و النيوترونات.(من أجل تعريف الكتلة الذرية للعنصر انظر أدناه). تقاس الكتلة الذرية بوحدة الكتل الذرية amu (و.ك.ذ)، حيث تساوي كتلة البروتون 1 و.ك.ذ تقريباً، و كذا كتلة النيوترون. و بهذا بإمكاننا أن نقدر الكتلة الذرية لعنصر ما من خلال معرفتنا بعدد البروتونات (Z) و عدد النيوترونات (N) التي يتكون منها، و بمعرفة أن كتلة كل واحد من هذه الجسيمات النووية (النيوكليونات) تساوي وحدة كتلية ذرية واحدة، فإن كتلة الذرة تساوي مجموع أعداد البروتونات و النيوترونات مقدراً بوحدة الكتل الذرية.

مجموع أعداد البروتونات و النيوترونات يساوي عدد الكتلة (A). و هنا يمكننا أن نكتب العلاقة التالية: $N + Z = A$، حيث Z تشير إلى العدد الذري و N إلى عدد النيوترونات. قد يتواجد عنصر ما بصور مختلفة تسمى بالنظائر، إذ أنّ لكل نظير منها العدد الذري نفسه (أي أنها تمثل نفس العنصر)، لكنها تتفاوت في كتلها الذرية انطلاقا من الاختلاف في عدد النيوترونات فيما بينها. ولتمييز تلك النظائر فإنه يتم كتابة اسم العنصر متبوعامن 1 بروتون أيضا. ويكون الديتيريوم هذا العنصر والموجودة في الطبيعة.

التكافؤ والترابط

تكون الذرات متعادلة كهربائياً عندما يكون عدد ما تحمله من شحنات موجبة و(بروتونات) يساوي تماماً عدد ما تحويه من شحنات سالبة (إلكترونات). عندما تفقد الذرة أو تكسب الإلكترونات، فإنها تتحول إلى أيونات. عندما تكتسب الذرة الإلكترونات فإن شحنتها السالبة تفوق شحنتها الموجبة و بذا تتحول إلى أيون سالب لأن

عدد الإلكترونات فيها أصبح أكثر من عدد البروتونات وعندما تفقد الذرة الإلكترونات، فإنها تتحول إلى أيون موجب لأن عدد البروتونات فيها أصبح أكثر من عدد الإلكترونات.

لا توجد الذرات في الطبيعة عادة بصورة حرة (باستثناء ذرات العناصر الخاملة)، وإنما توجد ضمن مركبات كيميائية متحدةً مع غيرها من الذرات سواء أكانت ذرات العنصر نفسه أو ذرات عناصر أخرى. فذرة الأكسجين مثلاً لا تتواجد عادة بصورة حرة، و إنما ترتبط أكسجين أخرى مكونة جزيء الأكسجين في الهواء الذي نستنشقه، أو تتحد مع ذرتين من الهيدروجين مكونةً جزيء ماء، وهكذا.

سلوك الذرة الكيميائي يرجع في الأصل بصورة كبيرة للتفاعلات بين الإلكترونات. والإلكترونات الموجودة في الذرة تكون في شكل إلكترونى محدد ومتوقع. وتقع الإلكترونات في أغلفة طاقة معينة طبقا لبعد تلك الأغلفة عن النواة (راجع "التركيب الذري"). ويطلق على الإلكترونات الموجودة في الغلاف الخارجي إلكترونات التكافؤ، والتى لها تأثير كبير على السلوك الكيميائي للذرة. والإلكترونات الداخلية تلعب دور أيضا ولكنه ثانوى نظرا لتأثير الشحنة الموجبة الموجودة في نواة الذرة.

كل غلاف من أغلفة الطاقة يتم ترتيبها تصاعديا بدأ من أقرب الاغلفة للنواة والذى يرقم برقم 1 ويمكن لكل غلاف أن يمتلئ بعدد معين من الإلكترونات طبقا لعدد المستويات الفرعية ونوع المدارات التي يحتويها هذا الغلاف :

- الغلاف الأول : من 1 : 2 إلكترون - مستوى فرعى s - عدد 1 مدار.
- الغلاف الثاني : من 2 : 8 إلكترون - مستوى فرعى s، p - عدد 4 مدارات.
- الغلاف الثالث : من 3 : 18 إلكترون - مستوى فرعى s، p، d - عدد 9 مدارات.
- الغلاف الرابع : من 4 : 32 إلكترون - مستوى فرعى s، p، df - عدد 16 مدار.

يمكن تحديد كثافة الإلكترونات لأى غلاف طبقاً للمعادلة : $2n^2$ حيث " n " هي رقم الغلاف، (رقم الكم الرئيسي)وتقو الإلكترونات بملئ مستويات الطاقة القريبة من النواة أولا. ويكون الغلاف الأخير الذي به الإلكترونات هو غلاف التكافؤ حتى لو كان يحتوى على إلكترون واحد.

وتفسير شغل أغلفة الطاقة الداخلية أولا هو أن مستويات طاقة الإلكترونات في الأغلفة القريبة من النواة تكون أقل بكثير من مستويات طاقة الإلكترونات في الأغلفة الخارجية. وعلى هذا لأنه في حالة وجود غلاف طاقة داخلي غير ممتلئ، يقوم الإلكترون الموجود في الغلاف الخارجي بالتنقل بسرعة للغلاف الداخلي (ويقوم بإخراج إشعاع مساوى لفرق الطاقة بين الغلافين).

تقوم الإلكترونات الموجودة في غلاف الطاقة الخارجي بالتحكم في سلوك الذرة عند عمل الروابط الكيميائية. ولذا فإن الذرات التي لها نفس عدد الإلكترونات في غلاف الطاقة الخارجي (إلكترونات التكافؤ) يتم وضعها في مجموعة واحدة في الجدول الدوري.المجموعة هي عبارة عن عامود في الجدول الدوري، وتكون المجموعة الأولي هي التي تحتوى على إلكترون واحد في غلاف الطاقة الخارجي، المجموعة الثانية تحتوي على 2 إلكترون، المجموعة الثالثة تحتوي على 3 إلكترونات، وهكذا. وكقاعدة عامة، كلما قلت عدد الإلكترونات في مستوى في غلاف تكافؤ الذرة كلما زاد نشاط الذرة وعلى هذا تكون فلزات المجموعة الأولى أكثر العناصر نشاطا وأكثرها سيزيوم، روبديوم، فرنسيوم.

وتكون الذرة أكثر استقرارا (أقل في الطاقة) عندما يكون غلاف التكافؤ ممتلئ. ويمكن الوصول لهذا عن طريق الآتي: يمكن للذرة المساهمة بالإلكترونات مع ذرات متجاورة (رابطة تساهمية). أو يمكن لها أن تزيل الإلكترونات من الذرات الأخرى (

رابطة أيونية). عملية تحريك الإلكترونات بين الذرات تجعل الذرات مرتبطة معا، ويعرف هذا بالترابط الكيميائي وعن طريق هذا الترابط يتم بناء الجزيئات والمركبات الأيوينة.

وتوجد خمس أنواع رئيسية للروابط :

- الرابطة الأيونية
- الرابطة التساهمية
- الرابطة التناسقية
- الرابطة الهيدروجينية
- الرابطة الفلزية

الذرات في الكون و الكرة الأرضية

باستخدام نظرية التضخم الكوني، فإن عدد الذرات في الكون يتراوح من 4×10^{78} and 6×10^{79} تقريبا. وبصفة عامة نظرا لأن الكون لا نهائي فإن عدد الذرات أيضا يمكن أن يكون لا نهائي. و هذا لا يتنافى مع العدد الذي تم حسابه نظرا لأن الكون الخاضع للدراسة يقع ضمن 14 مليار سنة ضوئية.

الذرة في الصناعة

تقوم الذرة بدور غاية في الأهمية في الصناعة، يتضمن ذلك الصناعات النووية، علم المواد الصناعية، وأيضا في الصناعات الكيميائية.

الذرة في العلم

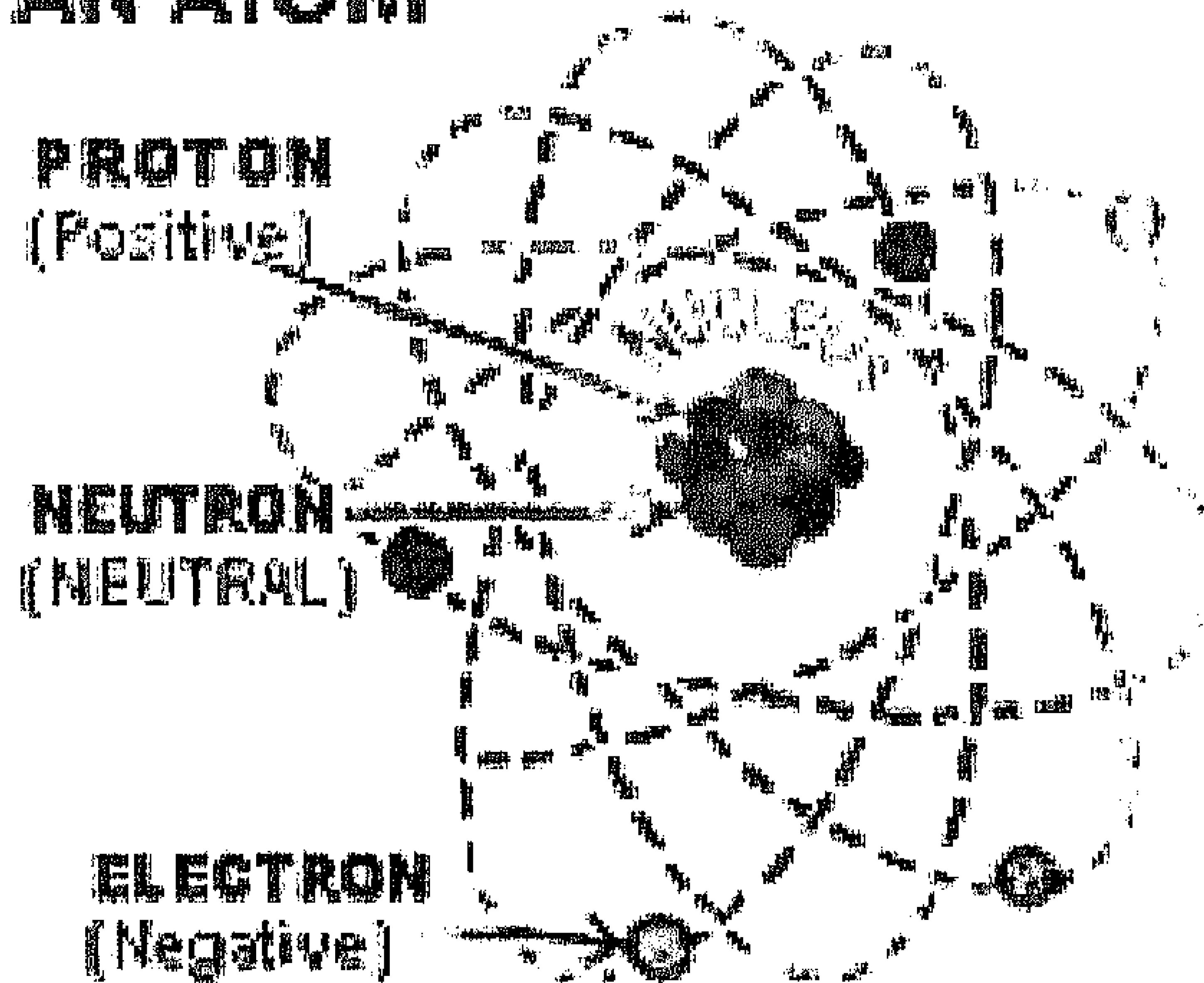
ظلت الذرة محل أنظار تركيز العلماء لعقود. وكان للنظرية الذرية تأثير كبير على كثير من فروع العلم، مثل الفيزياء النووية، الطيف وكل فروع الكيمياء تقريبا. ويتم دراسة الذرة هذه الأيام في مجال ميكانيكا الكم و الجسيمات تحت-الذرية.

و قد تمت دراسة الذرة بدون قصد مباشر في القرن 19 و القرن 20 وفى السنين الحالية، وبظهور تقنيات جديدة أصبحت دراسة الذرة أسهل وأدق. فعن استخدام الميكروسكوب الإلكتروني الذي تم اكتشافه في عام 1931 تم تصوير ذرات مفردة. كما تم استحداث طرق جديدة للتعرف على الذرات والمركبات. فمثلا يتم استخدام مطياف الكتلة لتحديد الذرات والمركبات. كما يتم استخدام جي سي إم إس " كروماتوجرافى الغاز و مطياف الكتلة " لمعرفة المواد. وأيضا التأكد من وجود ذرات أو جزيئات معينة عن طريق أشعة إكس كريستالوجرافى.

التركيب الذري

إن الذرة (Atom) تتكون من نواة (Nucleus) تتركز فيها كتلة الذرة وإلكترونات (Electrons).تدور الإلكترونات حول النواة في مسارات محددة وهى تشبه إلى حد كبير حركة الكواكب حول الشمس.

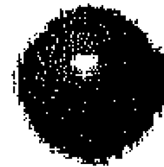
- والنواة تتكون من بروتونات (Protons) موجبة الشحنة ونيوترونات (Neutrons) متعادلة الشحنة والإلكترونات سالبة الشحنة لتكون الذرة متعادلة.

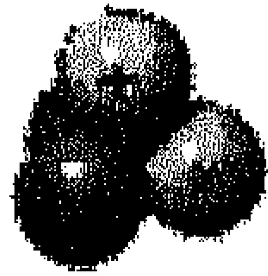


- ويعرف العدد الكتلي A للنواة بمجموع عدد البروتونات Z والنيوترونات N وكتلة البروتون تساوي تقريباً كتلة النيوترون التي تزيد بمقدار 2000 مرة كتلة الإلكترون وهي مربوطة بعضها البعض بقوة نووية (Strong nuclear force) تبلغ 10 آلاف القوة الكهرومغناطيسية التي تربط الإلكترونات بالنواة.

Atoms are made out of three basic particles


Protons carry a positive charge


Neutrons carry no charge


Protons and Neutrons join together to form the Nucleus - the central part of the atom


Electrons - carry a negative charge and circle the nucleus

هذه القوة لا تؤثر إلا على مسافة صغيرة جداً تبلغ 10^{-15} متر أي واحد على ألف من الميليون مليون من المتر

وعلى سبيل المثال

- نواة ذرة الهيدروجين بها بروتون واحد وليس بها نيوترونات أي أن العدد الكتلى لها يساوى واحد والعدد الذرى يساوى واحد .
- أما ذرة الهليوم فبها عدد 2 نيوترونات وعدد 2 بروتونات أي أن العدد الكتلى لها يساوى 4 $(A = Z + N)$ والعدد الذرى لذرة الهليوم 2، أي أن الذرة بها إلكترونان لتكون الذرة متعادلة الشحنة.
- ونواة ذرة الكربون بها 6 بروتونات، 6 نيوترونات وبذلك يكون العدد الكتلى لها 12 والعدد الذرى 6.

- ** ومن هذه الأمثلة نستنتج أن : -

* الذرات تتساوى فيها عدد البروتونات وعدد الإلكترونات .

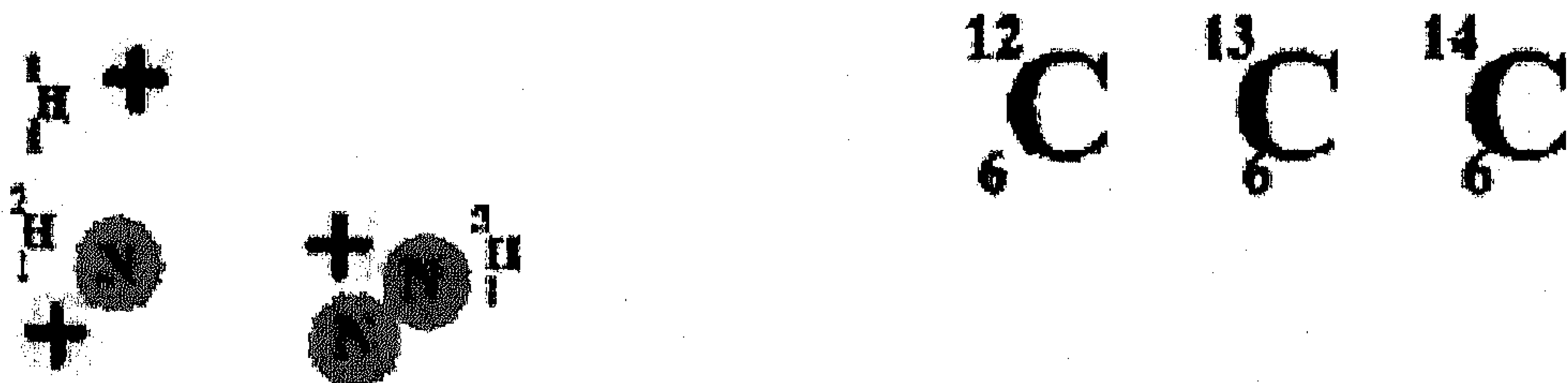
* بإضافة بروتون تنتج ذرة جديدة .

- إن هذا التوضيح للتركيب الذرى الحديث بدأ في نهاية القرن التاسع عشر بأن العناصر تتكون من وحدات صغيرة لا تتجزأ تسمى ذراتAtoms وهى أصغر وحدة للعنصر لها كل خواص الكيميائية

النظـــائـــر

- النظائر هي ذرات لعنصر واحد تتساوى في عددها الذرى (Z) ومتماثلة بالتالي من حيث صفاتها الفيزيائية وتفاعلاتها الكيمائية. تختلف عن بعضها البعض في وزنها الذرى أى في العدد الكتلى(A)لأنويتها و بالتالي في عدد النيوترونات (N).

- وعلى سبيل المثال ذرة الهيدروجين العادي وعددها الذري 1 لها نظيران الأول يسمى الديتيريوم $H^2{}_1$ s ويختلف عن الهيدروجين العادي بأن نواته بها نيوترون بالإضافة إلى البروتون أي أن العدد الكتلي للنواة 2 في حين أن نواة الهيدروجين العادي $H_1{}^1{}_s$ عددها الكتلي A = 1 A. أما النظير الثاني فهو التريتيوم والعدد الكتلي لنواته 3 أي تحتوي النواة على 2 نيوترون وبروتون واحد $H_1{}^3{}_1$ .w



أما ذرة الكربون العادى فتحتوى نواتها 6 بروتونات و6 نيوترونات s $_{6}C^{12}$ولها نظيران الأول s $_{6}C^{13}$ والثاني $_{6}$s C ^{14} وتحتوى أنويتها على سبعة نيوترونات وثمان نيوترونات على التوالى.

علم البلورات Crystal

يدرس هذا العلم وعلى وجه الخصوص البنية البلورية للمواد وتركيبها، ويبحث في فيزيائية تشكلها ضمن المواد والمعادن التي تشكلها تلك البلورات. والبلورة بالتعريف العلمي عبارة عن جسم متجانس، لها تركيب كيميائي، تكونت بفعل عوامل طبيعية، تحت ظروف مناسبة من الضغط و درجة الحرارة، يحدها خارجيا اسطح مستوية تسمى أوجه بلورية تعكس الترتيب الذري الداخلي المنتظم

أشكال البلورات:

وتنقسم البلورة من حيث تشكل الاوجه إلى

1- بلورة عديمة الأوجه.

2- بلورة ناقصة الأوجه .

3- بلورة مكتملة الأوجه.

خواص البلورة

1- **الأوجه البلورية:** الأسطح الخارجية المستوية التي تحدد شكل البلورة.

2- **الأحرف البلورية:** التقاء وجهين بلورين متجاورين.

3- **الزوايا المجسمة:** التقاء أكثر من وجهين بلورين.

4- **الشكل البلوري:** مجموعة من الاوجه البلورية المتساوية و المتشابهة في الشكل و الوضع و المساحة.

ويقسم الشكل البلوري إلى:

1. شكل بلوري مقفول، حيث تتكون البلورة من شكل بلوري واحد يشغل بمفرده حيزا معينا من الفراغ.
2. شكل بلوري مفتوح، حيث تتكون البلورة من عدة اشكال بلورية مركبة يسمى كل واحد منها شكل بلوري مفتوح لأنه لا يتم لأي واحد منها منفردا ان تشغل حيز معين من الفراغ .

تماثل البلورة

التماثل بالتعريف هي العملية التي ينتج عنها أن تأخذ مجموعة من الأوجه المتشابهة نفس المكان الذي تشغله إحداها إذا أديرت البلورة دورة كاملة .ويحدث التكرار لأي ظاهرة موجودة على البلورة كالأحرف و الزوايا المجسمة.

عناصر تماثل البلورة:

1. مستوى التماثل: المستوى الذي يمر بمركز البلورة و يقسمها إلى نصفين متساويين و متشابهين.
2. محور التماثل : هو الخط الذي لو دارت البلورة حوله دورة كاملة و بدون ازاحة لتكرر وضع البلورة عددا من المرات متخذا في كل مرة نفس المكان و الوضع، ويحدد عدد تكرار الظاهرة درجة المحور(درجة التماثل)، و محاور التماثل هي: ثنائية أو ثلاثية أو رباعية أو سداسية فقط و هي وحدها القادرة على التكرار في الفراغ دون ظهور الفراغات البينية.
3. مركز التماثل (مركز البلورة): نقطة داخل البلورة، تتميز بانه لو تم التحرك منها في اتجاهين متضادين متساويين لوجدنا نفس الظاهرة.

المحاور البلورية:

وهي الابعاد الداخلية للبلورة و يمكن اجازها كما يلي :

- المحور الرأسي: من اعلى إلى اسفل و يرمز له (ج).
- المحور الأفقي الجانبي: من اليمين إلى اليسار و يرمز له(ب.)
- المحور الأفقي الأمامي: من الخلف إلى الامام و يلرمز له (أ). وبعض البلورات تحوي ثلاثة محاور أفقية نرمز لها (أ1)،(أ2)،(أ3.)

الزوايا البلورية:

يرمز للزاوية بين المحورين أ و ب α :و يرمز للزاوية بين المحورين ب و جβ : ، و يرمز للزاوية بين المحورين أ و جγ : .

الفصائل البلورية

وفقا لدرجة التماثل وللابعاد النسبية فان البلورات تقسم إلى النظم أو الفصائل التالية: المكعب، الرباعي، المعين القائم، آحادى الميل، ثلاثي الميل، سداسي و ثلاثي.

1- فصـيلة المكعـب:Cubic

ولهـذه الفصيلة ثلاث محاور متساوية ومتعامدة بمعنى أن (أ = ب = جـ) ، $\alpha = \beta$ $=\gamma = 90^{\circ}$ وتتميز هذه الفصيلة بأربعة محاور تماثل ثلاثية.

2- فصيلة الرباعى : Tetragonal

ولهذه الفصيلة ثلاث محاور متعامدة وإثنان منها متساويان. أي أن (أ = ب ≠ جـ ، $\alpha = \beta = \gamma = 90^{\circ}$ وتتميز هذه الفصيلة بمحور تماثل رباعى.

3-فصيلة المعينى القائم : Orthorhombic

ولهذه الفصيلة ثلاث محاور غير متساوية تتقاطع جميعها أي أن (أ ≠ ب ≠ جـ، $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$) وتتميز هذه الفصيلة بثلاث محاور تماثل ثنائية متعامدة ومنطبقة على اتجاهات المحاور البلورية نفسها.

4- فصيلة الثلاثى : Trigonal

ولهذه الفصيلة أربعة محاور ثلاث منها محاور متساوية تتقاطع في زاويا متساوية ولكنها غير قائمة أنى أن أ1 = أ2 = أ3 ≠ جـ وتتميز هذه الفصيلة بمحور تماثل ثلاثي عمودى على المحاور الأفقية.

5- فصيلة السداسي : Hexagonal

ولهذه الفصيلة أربعة محاور، ثلاثة منها متساوية الطول وفى مستوى أفقي واحد تتقاطع في زاويا متساوية 120° والمحور الرابع جـ متعامد على مستوى المحاور السابقة وتتميز هذه الفصيلة بمحور تماثل سداسي وهو ما يميزها عن فصيلة الثلاثى ونظراً للتشابه الوثيق بين المحاور البلورية الأربعة في هذه الفصيلة وفى فصيلة الثلاثى فإن بعض العلماء يرون اعتبار فصيلة الثلاثى جزءاً أو قسماً من فصيلة السداسى إذ أن الاختلاف الوحيد بين الفصيلتين هو درجة تماثل المحور الرأسي جـ فهو ثلاثي التماثل في فصيلة الثلاثي وسداسي التماثل في فصيلة السداسي.

6- فصيلة الميل الواحد : Monoclinic

ولهذه الفصيلة ثلاث محاور غير متساوية تتقاطع بحيث يكون أحدهما ب عموديا على مستوى المحورين الآخرين. وتتميز هذه الفصيلة بوجود محور تماثل ثنائى.

7- فصيلة الميول الثلاثة : Triclinic

وتتميز هذه الفصيلة بثلاث محاور غير متساوية تتقاطع في زاويا غير متساوية. وتتميز هذه الفصيلة كذلك بعدم وجود محاور تماثل أو مستويات تماثل بها

الروابط الكيميائية

مقدمة

تتفاعل العناصر النشطة كي تصل إلى تركيب الكترونى يشبه أقرب غاز خامل فتصبح مستقرة كيميائيًا، وذلك بأن تفقد أو تكتسب أو تشارك بإلكترون أو أكثر وذلك بتكوين الروابط الكيميائية

الرابطة الأيونية

هي الرابطة الكيميائية التي تحدث بين ذرات الفلزات وذرات اللافلزات نتيجة التجاذب الكهربى بين الأيونات الموجبة والسالبة عندما تفقد أو تكتسب الذرة إلكترون أو أكثر تعرف بـ" الأيون " وعندما تفقد الذرة الفلزية إلكترون أو أكثر لتصل للتركيب الإلكترونى للغاز الخامل السابق لها في الجدول الدورى تعرف بـالأيون الموجب " الكاتيون " أما الذرة اللافلزية عندما تكتسب إلكترون أو أكثر لتصل للتركيب الإلكترونى للغاز الخامل التالى لها في الجدول الدورى تعرف بـالأيون السالب " الأنيون " عندما تتحد ذرتين متماثلتين فأنهما يكونان جزئ عنصر مثل O2 و Cl2، أما عند اتحاد ذرتين أو أكثر لعناصر مختلفة فإنهم يكونون جزئ مركب مثل NaCl و H2O

كيف تتكون الرابطة الأيونية؟

عندما تفقد ذرة الفلز إلكترون أو أكثر وتصبح أيون موجب تكتسب ذرة اللافلز هذه الإلكترونات وتصبح أيونًا سالبًا ثم يحدث تجاذب كهربى بين الأيونين الموجب

والسالب فتتكون الرابطة الأيونية معظم المركبات الأيونية تكون في شكل بلورات صلبة في درجة الحرارة العادية تذوب المركبات الأيونية في المذيبات القطبية مثل الماء لا تذوب المركبات الأيونية في المذيبات العضوية مثل البنزين درجتا انصهار وغليان المركبات الأيونية مرتفعة محاليل المركبات الأيونية ومصاهيرها جيدة التوصيل للكهرباء من أمثلة المركبات الأيونية: كلوريد الصوديوم و أكسيد الماغنسيوم و كلوريد الكالسيوم.

أمثلة الارتباط الأيونى

إتحاد ذرة صوديوم (G1A) بذرة كلور (G7A) لتكوين جزئ كلوريد الصوديوم: المجموعة العنصر العدد الذرى التوزيع الإلكترونى الأيون التوزيع الإلكترونى للأيون أقرب غاز خامل A1 K L M K L M الصوديوم 11 2 8 1 +8 2 Na النيون Ne A7 الكلور 17 2 8 7 -8 8 2 Cl الأرجون Ar يفقد الصوديوم إلكترون ليصبح أيون موجب تكتسب ذرة الكلور هذا الإلكترون لتصبح أيون سالب

ويمكن تمثيلها بالمعادلة: Na + + Cl - Na +Cl - إتحاد ذرة ماغنسيوم (G2A) بذرة أكسجين (G6A) لتكوين جزئ أكسيد الماغنسيوم: المجموعة العنصر العدد الذرى التوزيع الإلكترونى الأيون التوزيع الإلكتروني للأيون أقرب غاز خامل K A2 L M K L M ماغنسيوم 12 2 8 2 8 2 +2 Mg النيون A6 Ne أكسجين 8 2 8 6 2 -2 O النيون Ne يفقد الماغنسيوم 2 إلكترون ليصبح أيون موجب تكتسب ذرة الأكسجين 2 إلكترون لتصبح أيون سالب ويمكن تمثيلها بالمعادلة: Mg + O Mg2+ O2- إتحاد ذرة كالسيوم بذرتين كلور لتكوين كلوريد الكالسيوم: المجموعة العنصر العدد الذرى التوزيع الإلكترونى الأيون التوزيع الإلكترونى للأيون أقرب غاز خامل K A2 L M K L M كالسيوم 20 2 8 8 2 8 8 2 +2 Ca الأرجون A7 Ar الكلور 17 2 8 7 8 8 2 - Cl الأرجون Ar

الرابطة التساهمية

هي رابطة كيميائية تتكون من ذرات (غالبا لا فلزات) وذلك بمشاركتهم بعضهم البعض أزواج من الإلكترونات حيث تشارك كل ذرة بإلكترون وذلك للوصول إلى التركيب الإلكتروني لأقرب غاز خامل تكون الرابطة التساهمية بين ذرتين متماثلتين كما في العناصر (N2 , O2 ، H2) أو بين ذرتين -أو أكثر- مختلفتين لعنصرين لافلزين (H2O, H Cl , NH3) لا يوجد فقد أو اكتساب للإلكترونات ولكن يوجد فقط مشاركة بالإلكترونات الرابطة التساهمية لها وجود مادى حيث أنها عبارة عن زوج من الإلكترونات يربطان الذرتين معا .

أنواع الروابط التساهمية ملحوظة (هناك بعد الرسومات لم أتمكن من رسمها) الرابطة التساهمية الأحادية: تتكون من زوج من الإلكترونات تشترك فيه كل ذرة بإلكترون وتمثل بخط أفقى يربط بين الذرتين مثل: جزىء الكلور Cl2 حيث تكون ذرتين من عنصر واحد رابطة تساهمية أحادية واحدة وينتج بذلك جزىء من هذا العنصر يلاحظ أن كل ذرة في جزىء الكلور يكون لها ثمانية إلكترونات أي أن تركيبها الإلكترونى أصبح يشبه الأرجون 18 Ar Cl Cl جزىء كلوريد الهيدروجين HCl حيث تكون ذرتين من عنصرين مختلفين هما الهيدروجين والكلور رابطة تساهمية أحادية لينتج جزىء من مركب جديد هو كلوريد الهيدروجين يلاحظ أن ذرة الهيدروجين في جزىء كلوريد الهيدروجين تكون محاطة باثنين إلكترون مثل الهليوم وذرة الكلور محاطة بثمانية إلكترونات مثل الأرجون H Cl جزيء الماء H2O حيث تكون ذرة عنصر (الأكسجين) رابطتين تساهميتين أحاديتين مع ذرتين من عنصر آخر (الهيدروجين) لينتج جزىء من مركب جديد هو الماء يلاحظ أن الأكسجين ثنائى التكافؤ والهيدروجين أحادى التكافؤ لذا تشترك ذرة الأكسجين بإلكترون مع كل ذرة هيدروجين H O H

الرابطة التساهمية الثنائية: تتكون بمشاركة زوجين من الإلكترونات بين ذرتين في جزيء بحيث تشترك كل ذرة بإلكترونين. تمثل الرابطة التساهمية الثنائية بخطين يربطان الذرتين معا مثل جزيء الأكسجين O2 الرابطة التساهمية الثلاثية: تتكون بمشاركة ثلاثة أزواج من الإلكترونات بين ذرتين في جزيء بحيث تشترك كل ذرة بثلاث إلكترونات. تمثل الرابطة التساهمية الثلاثية بثلاثة خطوط تربط الذرتين معا مثل جزيء النيتروجينN2

نصف القطر الذري

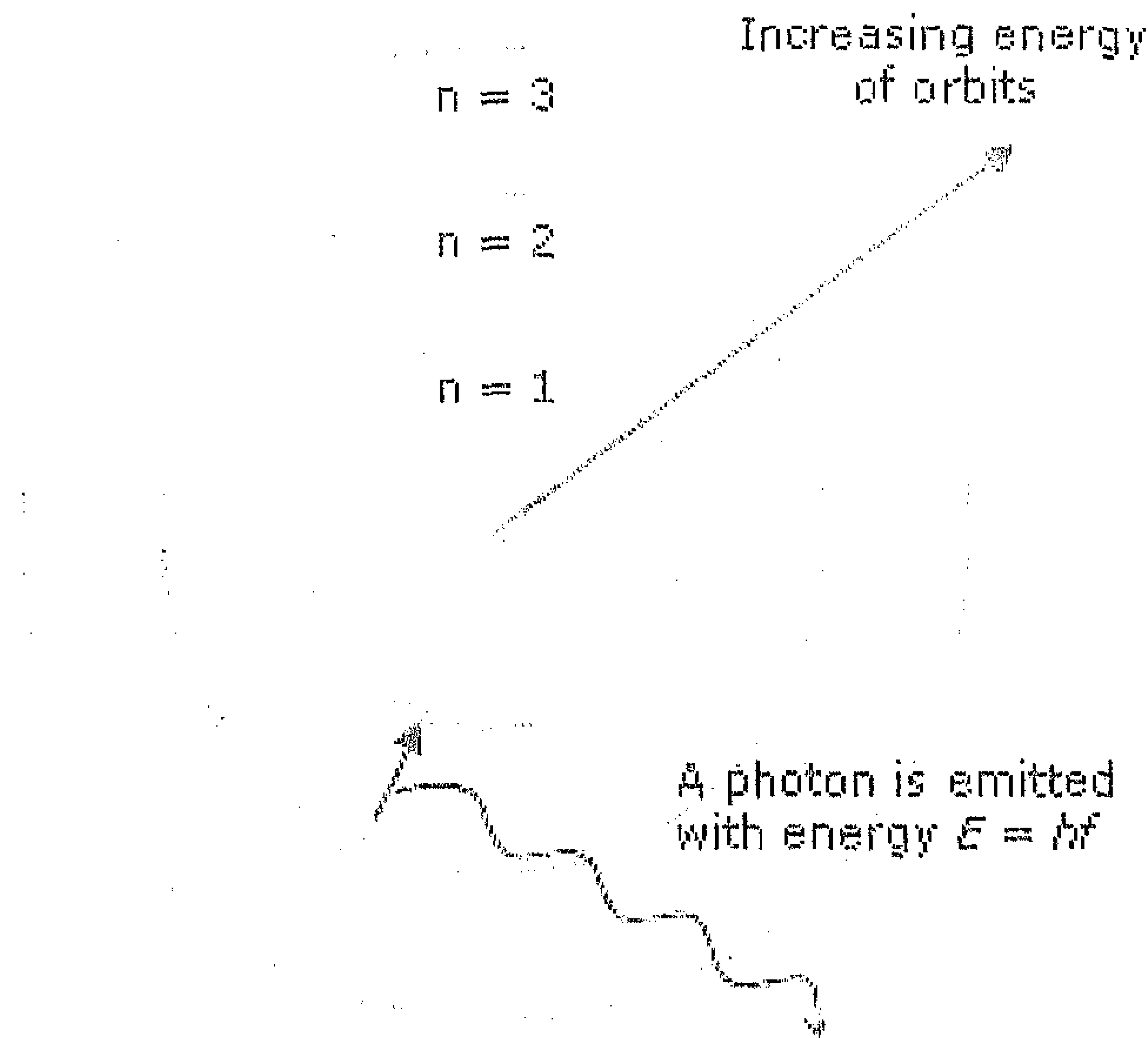
يمثل نصف القطر الذري المسافة بين نواة الذرة إلى مدار الإلكترون الخارجي الثابت والموجود في حالة اتزان. وتقاس بوحدة بيكو متر أو أنجستروم.

كما يطلق نصف القطر التساهمي على نصف القطر الذري (عند تكون روابطة تساهمية)، ونصف القطر اللافلزي في حالة العناصر اللافلزية، نصف القطر الفلزي في حالة العناصر الفلزية. وتقنيا فإن نصف القطر الذري هو نصف مسافة الاتزان بين ذرتين متجاورتين، (واللتان ترتبطان معا برابطة تساهمية، أو يتواجدا بقرب بعضهما البعض في شكلل شبكة بللورية لأي عنصر.

ويكون نصف القطر التساهمي نصف المسافة بين نواتي نفس الذرات المترابطة مع بعضها البعض. ويكون نصف القطر التساهمي للعناصر التى لا ترتبط ذراتها مع بعضها البعض يمكن تقديرها بالربط بينها وبين نصف القطر في الجزيئات المختلفة. ويمكن تحديد نصف القطر الفلزي على أنه نصف المسافة بين أقرب ذرتين متجاورتين في الشكل البللوري.

ويزيد نصف القطر الذرينصف قطر ذري يمثل نصف القطر الذري المسافة بين نواة الذرة إلى مدار الإلكترون الخارجى الثابت والموجود في حالة إتزان. ويتم قياسها عن

بوحدة بيكو متر أو أنجستروم.كما يتم إطلاق نصف القطر التساهمي على نصف القطر الذري (عند تكون روابطة تساهمية)، و نصف القطر اللافلزي في حالة العناصر اللافلزية، نصف القطر الفلزي في حالة العناصر الفلزية. وتقنيا فإن نصف القطر الذري هو نصف مسافة الإتزان بين ذرتين متجاورتين، (واللتان ترتبطان معا برابطة تساهمية، أو يتواجدا بقرب بعضهما البعض في شكل شبكة بللورية لأي عنصر.



3

الوحدة الثالثة

المحاليل الصلبة ومنحنيات الاتزان

Solid solutions and phase equilibrium



المحاليل الصلبة ومنحنيات الاتزان

مقدمة عن المحاليل

المحلول عبارة عن خليط متجانس من مادتين أو أكثر لا يحدث بينهما تفاعل كيميائي، وهو عبارة عن نظام ذي طور أو صنف واحد. ذو بانية مادة في أخرى لتكوين محلول متجانس يعتمد على طبيعة المواد المتضمنة في عملية الذوبان، وتتأثر الذوبانية بالتغيرات في درجة الحرارة وبطبيعة المواد المكونة للمحلول والضغط، بالرغم من أن المؤثر الأخير ذو أهمية بالنسبة للغازات فقط.

المادة الموجودة بوفرة في المحلول تسمى المذيب(solvent) بينما الموجودة بنسبة أقل تسمى المذاب (solute). ومع ذلك، فإنه بالنسبة لمحلول صلب في سائل يشار دائماً للسائل بأنه المذيب، علماً بأن هنالك حالات أخرى شاذة يكون فيها الصلب موجودا بكمية أكبر.

تصنيف المحاليل بناءً على طبيعة المذيب والمذاب

في أي محلول ثنائي يمكن أن يكون كلاً من المذاب والمذيب غاز، سائل أو صلب وبالتالي يمكن أن يكون هنالك تسعة أنواع من المحاليل حيث يتم تصنيف أنواع المحاليل بحسب الحالة الطبيعية للمادة كما في الجدول رقم (18) أدناه :

نوع المحلول	المذاب	المذيب	أمثلة
غاز	غاز	غاز	CO_2 , O_2 في الهواء
	سائل	غاز	بخار الماء في الهواء
	صلب	غاز	تسامي مادة صلبة في غاز (اليود في N_2)
سائل	غاز	سائل	O_2 في الماء
	سائل	سائل	الكحول الإثيلي في الماء
	صلب	سائل	سكر في الماء
صلب	غاز	صلب	غاز الهيدروجين في البالاديوم
	سائل	صلب	سائل البنزين في اليود الصلب
	صلب	صلب	السبائك (النحاس في الذهب)

تصنيف المحاليل بناءً على حجم دقائق المادة المذابة

عند وضع كمية من السكر في قليل من الماء ورج المخلوط فإن السكر يذوب، ولا يمكن فصله بالترشيح، ولا بترك المحلول ساكناً تحت تأثير الجاذبية الأرضية وعليه يكون حجم الدقائق (الجزئيات أو الأيونات) متناهية في الصغر ولا يمكن فصلها ولا رؤيتها بالعين المجردة أو الميكروسكوب. يسمى مثل هذا النوع من المحاليل بالمحاليل الحقيقية (True Solutions).

أما إذا وضع مسحوق الطباشير في كمية من الماء ورج المخلوط فإننا نحصل على معلق من الطباشير في الماء، يمكن رؤية دقائقه إما بالعين المجردة أو الميكروسكوب. إذا ترك المخلوط ساكناً فإن دقائق الجسم الصلب المعلقة تتجمع بمرور الوقت في قاع الإناء تحت تأثير الجاذبية الأرضية وعليه يكون هذا المحلول مختلفاً من الحالة الأولى ويسمى هذا النوع من المحاليل بالعوالق أو المعلقات (المحاليل المعلقة) (suspensions).

بين هاتين الحالتين (محاليل حقيقية ومعلقات) توجد حالة ثالثة تسمى بالحالة الغروية، يكون حجم الجزيئات (الدقائق) فيها وسطاً ويتراوح نصف قطر هذه الدقائق في أغلب المحاليل الغروية بين $10 - 1000\,A^\circ$ وعليه يكون المحلول الحقيقي له دقائق نصف قطرها أصغر من $10\,A^\circ$ والمعلقات نصف قطرها أكبر من $1000\,A^\circ$.

لا يمكن وضع حد معين بين هذه المحاليل، ولكن للمحاليل الغروية خواص محددة تحتم وضعها في فصيلة خاصة سوف نتعرض لها في جزء آخر من هذا الكتاب.

تصنيف المحاليل بناءً على درجة توصيلها للتيار الكهربائي

تصنف المحاليل من حيث درجة توصيلها للتيار الكهربائي إلى نوعين :

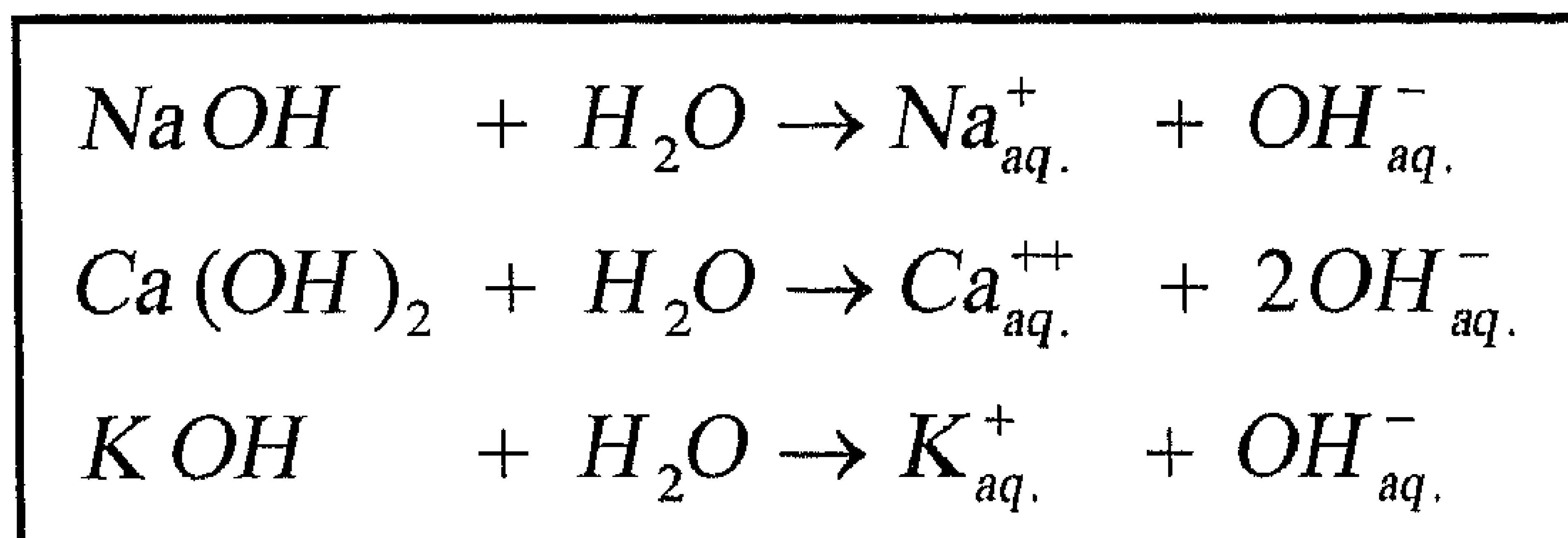
أ- محاليل إلكتروليتيه : Electrolyte

ب- محاليل غير إلكتروليتيه : Non - electrolytes

أ- المحاليل الإلكتروليتية تتكون من مادة مذابة لها المقدرة على التأين في المذيب، وبذلك تكون لها القدرة على توصيل التيار الكهربائي، وتختلف درجة التأين من مادة لها المقدرة على التأين الكلي أو بنسبة عالية، وفي هذه الحالة تسمى إلكتروليت قوي strong electrolytes مثل محاليل الأحماض والقواعد والأملاح في الماء، ومادة تتأين جزئياً وتسمى إلكتروليت ضعيف.

ومن أمثلة الأحماض القوية حمض البيركلوريك $HClO_4$ ، حمض النيتريك HNO_3 وحمض الهيدوكلوريك في الوسط المائي كالآتي :

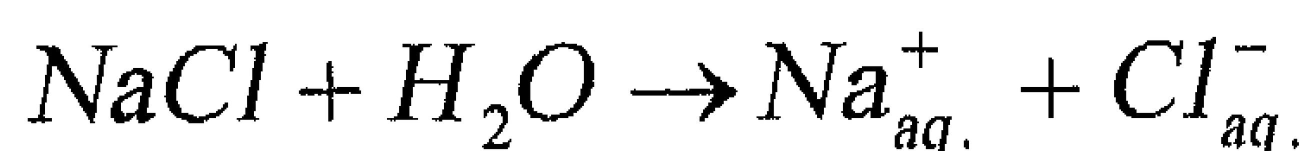
ومن أمثلة القواعد القوية هيدروكسيد الصوديوم ($Na\,OH$)، هيدروكسيد الكالسيوم $Ca\,(OH)_2$ وهيدروكسيد البوتاسيوم ($K\,OH$)



$$Na\,OH + H_2O \rightarrow Na^+_{aq.} + OH^-_{aq.}$$
$$Ca\,(OH)_2 + H_2O \rightarrow Ca^{++}_{aq.} + 2OH^-_{aq.}$$
$$K\,OH + H_2O \rightarrow K^+_{aq.} + OH^-_{aq.}$$

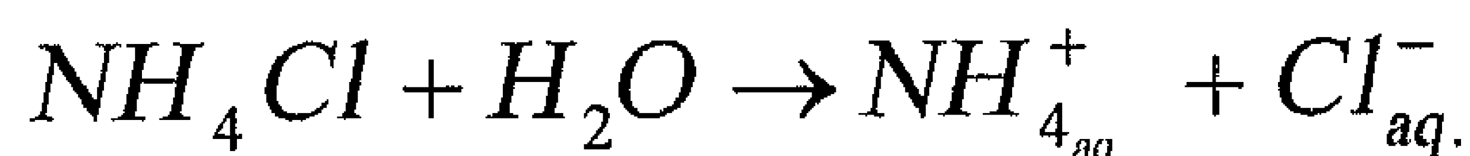
من أمثلة الأملاح التي تتأين بنسبة عالية :

- أملاح تتكون من أحماض قوية، وقواعد قوية، مثل كلوريد الصوديوم $NaCl$



$$NaCl + H_2O \rightarrow Na^+_{aq.} + Cl^-_{aq.}$$

- أملاح تتكون من حمض قوي وقاعدة ضعيفة مثل ملح كلوريد الأمونيوم NH_4Cl

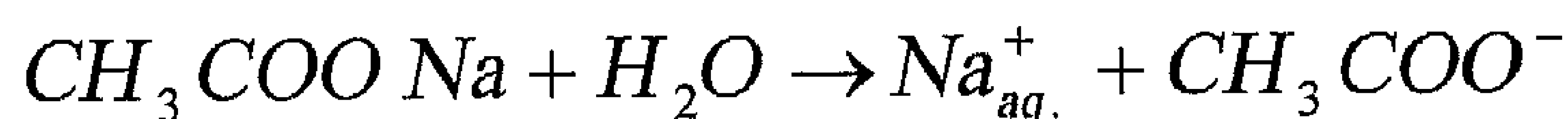


$$NH_4Cl + H_2O \rightarrow NH^+_{4_{aq.}} + Cl^-_{aq.}$$

- أملاح تتكون من حمض ضعيف وقاعدة قوية مثل خلات الصوديوم

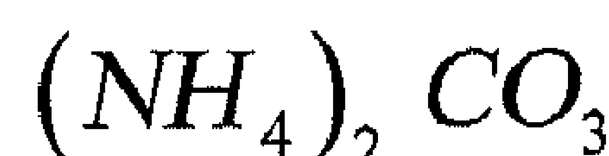


$CH_3\,COO\,Na$

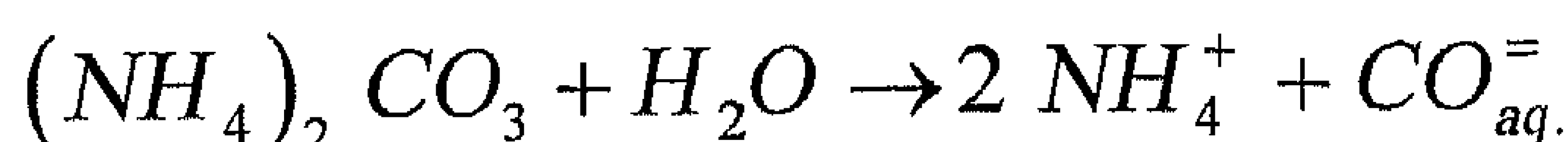


$$CH_3COO\,Na + H_2O \rightarrow Na^+_{aq.} + CH_3COO^-$$

- أملاح تتكون من حمض ضعيف وقاعدة ضعيفة مثل ملح كربونات الأمونيوم



$(NH_4)_2\,CO_3$



$$(NH_4)_2\,CO_3 + H_2O \rightarrow 2\,NH_4^+ + CO^=_{aq.}$$

أما الإلكتروليتات الضعيفة (weak electrolytes) فهي التي تتأين جزئياً في محاليلها، وتكون ضعيفة التوصيل للتيار الكهربائي ، مثل الأحماض والقواعد الضعيفة.

مثال لحمض ضعيف : حمض الخليك CH_3COOH.



$$CH_3COOH \quad CH_3COO^- + H^+$$

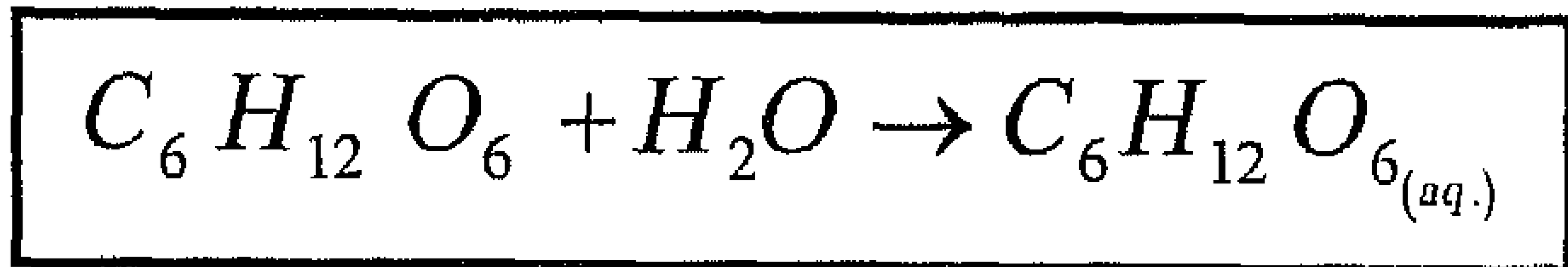
مثال لقاعدة ضعيفة : هيدروكسيد الأمونيوم



$$NH_4OH \quad NH_4^+ + OH^-$$

وعامه يتم التمييز بين الإلكتروليت القوي والإلكتروليت الضعيف بوضع سهم ذي اتجاه واحد للإلكتروليت القوي دلالة على التأين التام ووضع سهمين متعاكسين دلالة على عدم التأين الكامل أو الوصول إلى مرحلة الاتزان بين الجزيء المتأين وأيوناته في محاليلها المائية.

ب- المحاليل غير الإلكتروليتية (Non - electrolytes) هي تلك المحاليل التي تتكون من مادة مذابة لا تتفكك إلى أيونات في محاليلها، مثل محلول السكر في الماء ومحلول النشأ في الماء.



$$C_6H_{12}O_6 + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_{6(aq.)}$$

تصنيف المحاليل بناءً على نسبة المادة المذابة للمذيب

إذا كان المحلول لا يمكنه أن يُذيب زيادة من المادة المذابة عند نفس درجة الحرارة فيطلق عليه المحلول المشبع (Saturated Solution)، أما إذا كان المحلول يمكنه أن يُذيب زيادة من المادة المذابة فيطلق عليه المحلول غير المشبع (Unsaturated Solution)، أيضاً يمكن الحصول على محاليل فوق المشبعة (Super saturated) إذا كانت تحتوي على زيادة من المذاب أكثر مما يمكن إذابته عند درجة حرارة معينة في ظروف معينة.

لكي نوضح فكرة المحلول والذوبانية يجب أن نحدد كمية كل من المادة المذابة والمذيب الموجودين بالمحلول، وهناك طرق عديدة لتعبير عن تلك التركيزات.

طرق التعبير عن تركيز المحلول

هناك عدة طرق للتعبير عن تركيز المحاليل نذكر منها :-

أولاً : المولارية (Molarity) (M) وهي وحدة التركيز الأكثر شيوعاً وتستخدم بكثرة في التحليل الحجمي، وتُعرف بأنها عدد مولات المادة المذابة في كمية من المذيب لتكوين لترٍ أو ديسميتر مكعب من المحلول ويمكن توضيحها كالآتي :

$$\text{المولارية} = \frac{\text{عدد مولات المادة المذابة}}{\text{حجم المذيب باللتر (ديسم}^3\text{)}}$$

وحدة المولارية هي مول / لتر أو مول / ديسم^3

معملياً تحضر المحاليل المولارية باستخدام الدوارق الحجمية وذلك بأخذ الكمية المناسبة من المادة المذابة ووضعها في الدورق الحجمي، ثم إضافة المذيب (وعادة ما يكون الماء) مع الرج المستمر حتى يصل مستوى المحلول العلامة الدالة على الحجم.

مثال (1) :

احسب مولارية محلول يتكون من إذابة 20 جرام هيدروكسيد الصوديوم في 500 سم3 من الماء ؟

الحل:

$$\text{عدد مولات } NaOH = \frac{\text{الوزن}}{\text{الوزن ألجزيئي}} = \frac{20}{40} = 0.5 \text{ مول}$$

$$\text{حجم المذيب باللتر} = \frac{500}{1000} = 0.5 \text{ لتر}$$

$$\text{المولارية} = \frac{\text{عدد مولات المادة المذابة}}{\text{الحجم باللتر}} = \frac{0.5}{0.5} = 1.0 \text{ مول / لتر}$$

مثال (٢) :

احسب مولارية حمض الكبريت (VI) المتكون من إذابة 49 جرام من الحمض في 100 سم3 من الماء ؟

الحل :

$$\text{عدد مولات } H_2SO_4 = \frac{49}{98} = 0.5 \text{ مول}$$

$$\text{حجم المحلول باللتر} = \frac{100}{1000} = 0.1 \text{ لتر}$$

$$\text{المولارية} = \frac{0.5}{0.1} = 5.0\ M$$

ثانياً : المولالية Molality

ويرمز لها بالرمز (m) تعرف المولالية بأنها عدد مولات المادة المذابة في كيلوجرام واحد من المذيب وليس كيلوجرام واحد من المحلول النهائي. ويمكن توضيحها كالآتي :

إذا كان لدينا محلول يتكون من المادة المذابة (B) والمذيب (A)، يمكن التعبير عن المولالية كالآتي :

$$\text{المولالية} = \frac{\text{عدد مولات المادة المذابة } (n_B)}{\text{وزن المذيب } (W_A) \text{ بالكيلو جرام}}$$

$$\text{المولالية} = \frac{n_B}{1000\, W_A\, /}$$

بما أن $n_B = \dfrac{W_B}{M_B}$

حيث W_B = وزن المادة المذابة ، M_B = الوزن الجزيئي للمادة المذابة

$$\varepsilon \text{ المولالية } (m) = \frac{1000}{W_A} \quad \frac{W_B}{M_B}$$

$$\text{أي أن مولالية المحلول} = \frac{\text{وزن المادة المذابة}}{\text{الوزن الجزيئي للمادة المذابة}} \times \frac{1000}{\text{وزن المذيب}}$$

فمثلاً : يذاب 98 جرام من حمض الكبريت (VI) H_2SO_4 (أي مول واحد من الحمض) في 1000جرام من الماء للحصول على محلول مولالي. ليس لحجم المحلول النهائي أهمية ولا تختلف المولالية باختلاف درجة الحرارة.

مثال (1) :

احسب مولالية محلول يتكون من إذابة 40 جرام هيدروكسيد الصوديوم مذابة في 2 لتر من الماء ؟

الحل:

عدد مولات هيدروكسيد الصوديوم = $\frac{\text{الوزن}}{\text{الوزن الجزيئي}} = \frac{40}{40} = 1.0$ مول

الوزن = الحجم × الكثافة

وزن المحلول بالكيلوجرام = 1000 سم^3 × 1 جم / سم^3 = 1000 جرام

وذلك باستخدام كثافة الماء تعادل 1.0جم / سم^3

ε يمكن تطبيق القانون :

المولالية = $\frac{\text{عدد مولات المادة المذابة}}{\text{وزن المذيب بالكيلوجرام}}$

= $\frac{1.0}{2000/1000}$ = 0.5 m = 0.5 مول / كيلوجرام

أو باستخدام القانون :

المولالية = $\frac{\text{الوزن للمذاب}}{\text{الوزن الجزيئي}} \times \frac{1000}{\text{وزن المذيب}}$

$$= \frac{40}{40} \times \frac{1000}{2000} = 0.5$$ مول / كيلوجرام

مثال (2) :

أذيب 0.288 جرام من مادة معينة في 15.2 جرام من البنـزين (C_6H_6) ووجـد أن مولالية المحلول تساوي 0,221 ، أحسب الوزن الجزيئي للمادة المذابة ؟

الحل :

$$m = \frac{W_B}{M_B} \times \frac{1000}{W_A}$$

$$=0.221 \quad \frac{0.288}{M_B} \times \frac{1000}{15.2}$$

$$M_B = 85.73$$

ثالثاً : الكسر المولي (Mole Fraction)

ويُرمز له بالرمز (x). ويعرف الكسر المولي (x) لأي مكونة في المحلـول بأنـه عدد مولات تلك المكونة مقسوماً على عدد المولات الكلية لجميع مكونات المحلول.

إذا اقترضنا أن n_A مول من مذاب A ، وأن n_B مول من مذاب B قد أذيبت في n_C مول من المذيب C فإن الكسر المولي لكل من هذه المكونات الـثلاث يُعـبر عنـه كـما يلي:

الكسر المولي للمكونة $A = x_A = \frac{n_A}{n_A + n_B + n_C}$

الكسر المولي للمكونة B $= x_B = \dfrac{n_B}{n_A + n_B + n_C}$

الكسر المولي للمكونة C $= x_C = \dfrac{n_C}{n_A + n_B + n_C}$

يلاحظ أن مجموع الكسور المولية للمكونات يساوي الوحدة

أي أن : $x_A + x_B + x_C = 1$

مثال (1) :

احسب الكسر المولي لمكونات المحلول المكون من إذابة 20 جرام مـن هيدروكسيد الصوديوم في 500 سم^3 من الماء ؟

الحل :

عدد مولات $NaOH = \dfrac{20}{40} = 0.5$ مول

عدد مولات الماء $= \dfrac{500}{18} = 27.8$ مول

الكسر المولي لـ $NaOH = \dfrac{0.5}{0.5 + 27.8} = 0.0176$

الكسر المولي للماء $1 - 0.0176 = 0.983$

أو التعويض في القانون $\dfrac{27.8}{0.5 + 27.8} = 0.983$

مثال (2) :

احسب الكسر المولي للنيتروجين في محلول يتكون من 14 جرام غـاز النيتروجـين، 8 جرامات من غاز الأكسجين وجرام واحد من غاز الهيدروجين.

الحل :

عدد مولات غاز النيتروجين = $\frac{14}{28} = 0.5$ مول

عدد مولات غاز الأكسجين = $\frac{8}{32} = 0.25$ مول

عدد مولات غاز الهيدروجين = $\frac{1}{2} = 0.5$ مول

الكسر المولي للنيتروجين = $\frac{\text{عدد مولات النيتروجين } N_2}{\text{عدد مولات } N_2 + \text{عدد مولات } O_2 + \text{عدد مولات } H_2}$

$$= \frac{0.5}{0.5+0.25+0.5} = 0.4$$

رابعاً : النسبة المئوية : يمكن التعبير عنها كالآتي :

أ- النسبة المئوية الوزنية (weight percentage)

ويرمز لها بـالرمز (W/W) وهـي عـدد جرامـات المـادة المذابـة منسوب إلى وزن مكونات المحلول (غالباً ما يكون 100 جرام)، وتستخدم عامة في المحاليل ذات الطبيعة الصلبة. يمكن تعيين النسبة المئوية بالوزن للمادة المذابـة (B) في وزن معـين مـن المـذيب (A) كالآتي :

$$wt\ \%\ of\ \ B = \left(\frac{W_B}{W_A + W_B}\right) \times 100$$

كما يمكن فهم النسب الوزنية بأنها متكاملة، فمثلاً تتكون سبيكة معينة من معدني الذهب والنحاس وكانت نسبة النحاس الوزنية (w/w) 30%، هذا يعني أن في كل 100 جرام من السبيكة، هنالك 30 جرام نحاس و 70 جرام ذهب.

مثال :

محلول يتكون من إذابة 10 جرام هيدروكسيد صوديوم في 100 جرام من الماء. أحسب النسبة المئوية لهيدروكسيد الصوديوم ؟

الحل :

كتلة المحلول $= 100 + 10 = 110$ جرام

النسبة المئوية لـ $Na\ OH$ = $\frac{\text{وزن هيدروكسيد الصوديوم}}{\text{الوزن الكلي}}$ × 100

$$9.1\ \% = \frac{10}{110} \times 100 =$$

ب- النسبة المئوية الحجمية : (Volume Percentage)

ويرمز لها بالرمز (V/V) وهي حجم المادة المذابة منسوب لحجم المحلول (غالباً ما يكون 100 سم^3) وتستخدم عامة في المحاليل السائلة. يمكن تعيين النسبة المئوية بالحجم للمادة المذابة B كما يلي :

$$Volume\ \ \%\ of\ \ B = \frac{V_B}{V_{Total}} \times 100$$

كما يمكن فهم النسب الحجمية بأنها متكاملة كما هو الحال في النسب الوزنية. فمثلاً عندما يقال أن محلول معين يتكون من كحول وماء وكانت نسبة الكحول (v/v) 40%، هذا يعني أن في كل 100 سم^3 من المحلول أن هنالك 40 سم^3 كحول و 60 سم^3 ماء.

جـ- النسبة المئوية لوزن في حجم :

ويرمز لها بالرمز (w/v) وهي عبارة عن عدد جرامات المادة المذابة في 100 سم^3 من المذيب. فمثلاً عندما يقال أن محلول السكر في الماء تركيزه (w/v) 10%. هذا يعني أن 10 جرامات من السكر مذابة في 100 سم^3 من الماء.

خامساً : العيارية أو النورمالية (Normality)

ويرمز لها بالرمز (N) وهي عبارة عن عدد الجرامات المكافئة من المادة المذابة في لتر من المحلول.

فمثلاً عند إذابة 49 جرام من حمض الكبريت (VI) في لتر من الماء يتكون محلول مولاريته $0.5\ M$ ولكن نورماليته $1.0\ N$ وذلك لأن الوزن 49 جرام يمثل نصف الوزن الجزيئي وتكون المولارية :

$$\text{المولارية} = \frac{49/98}{1} = \frac{0.5}{1} = 0.5\ M$$

أما الوزن المكافئ لحمض الكبريتيك $= \frac{98}{2} = 49$ جرام

النورمالية $= \frac{49/\ 49}{1} = \frac{1}{1} = 1.0\ N$

وعليه تكون العلاقة بين النورمالية والمولارية كالآتي :

النورمالية = المولارية × عدد الهيدروجينات الحمضية في الحامض

= المولارية × عدد الهيدوكسيدات القاعدية في القاعدة

سادساً : القوة الأيونية (The Ionic Strength)

القوة الأيونية تعتبر مقياس لقوة المجال الكهربي الناتج من وجود الأيونات بالمحلول ويرمز لها بالرمز μ وتُعرف رياضياً بالمعادلة الآتية :

$$\mu = 0.5 \sum c_i\ z_i^2$$

حيث c_i تمثل التركيز المولاري أو المولالي للأيون (i)

z_i تمثل شحنة الأيون.

وعليه تكون وحدة القوة الأيونية (μ) هي نفس وحدة التركيز.

بالنسبة لمحلول يحتوي على أكثر من مركب أيوني يمكن كتابة المعادلة كالآتي :

$$\mu = 0.5\left(c_1 z_1^2 + c_2 z_2^2 + c_3 z_3^2 + \ldots\right)$$

وبالنسبة لأبسط المحاليل التي تحتوي على مركب أيوني واحد مثل كلوريد الصوديوم يمكن للمعادلة أن تختصر للصورة

$$\mu = 0.5\left(C_+ z_+^2 + C_- z_-^2\right)$$

حيث C_+ = تركيز الأيون الموجب

z_+ = شحنة أو تكافؤ الأيون الموجب

C_- = تركيز الأيون السالب

z_- = شحنة أو تكافؤ الأيون السالب

مثال :

احسب القوة الأيونية للمحاليل الآتية :

أ- محلول كلوريد البوتاسيوم (KCl) تركيزه $0.1\ m$

ب- محلول كبرتيات البوتاسيوم (K_2SO_4) تركيزه $0.2\ m$

جـ- خليط يحتوي على كلوريد البوتاسيوم $(0.1\ m)$ وكبريتات البوتاسيوم $(0.2\ m)$

د- محلول كلوريد الباريوم $(BaCl_2)$ تركيزه $(0.2\ m)$

الحل :

أ- بالنسبة لمحلول كلوريد البوتاسيوم KCl فإنه يحتوي على أيونات البوتاسيوم الموجبة وأيونات الكلوريد السالبة وتركيز كل منهما يعادل $0.1\ m$

$$\therefore C_+ = 0.1 \quad , \quad C_- = 0.1$$

$$z_+ = 1 \quad , \quad z_- = 1$$

بتطبيق القانون :

$$\mu = 0.5\left(0.1\times1^2 + 0.1\times1^2\right) = 0.5\times0.2 = 0.1\ m$$

وعليه يمكن استنتاج :

ب- بالنسبة لمحلول كبريتات البوتاسيوم (K_2SO_4) فإن الملح يتأين ليعطي أيونين K^+ وأيون واحد من الكبريتات $S\overset{=}{O}_4$

$$\therefore\ C_+ = 2\times0.2 = 0.4 \quad , \quad C_- = 0.2$$
$$C_+ = 1 \quad , \quad z_- = 2$$

بالتعويض في المعادلة :

$$\mu = 0.5\left(0.4\times1^2 + 0.2\times2^2\right) = 0.6$$

جـ- بالنسبة لخليط يتكون من $0.1\ m$ كلوريد البوتاسيوم و $0.2\ m$ كبريتات البوتاسيوم، فإن تركيز أيون البوتاسيوم يكون حاصل الجمع لأيونات البوتاسيوم الناتجة من تأين الكبريتات والكلوريدات

$$\therefore C_+ = 0.4 + 0.1 = 0.5$$
$$z_+ = 1$$

حيث C_+ يعادل تركيز أيون البوتاسيوم

بالنسبة لتركيز أيون الكلوريد Cl^-

$$C_- = 0.1$$
$$z_- = 1$$

بالنسبة لتركيز مجموعة الكبريتات $S\overset{=}{O}_4$

$$C_- = 0.2$$
$$z_- = 2$$

$$\therefore \mu = 0.5\left(\underbrace{0.5\times1^2}_{K^+} + \underbrace{0.1\times1^2}_{CL^-} + \underbrace{0.2\times1^2}_{SO_4^=}\right) = 0.7$$

وعليه يمكن استنتاج :

أن القوة الأيونية للخليط تساوي حاصل جمع القوة الأيونية لمكوناته.

د- بالنسبة لمحلول كلوريد الباريوم $BaCl_2 \quad (0.2 \ \ m)$

$$C_+ = 0.2 \quad , \quad C_- = 2\times0.2 = 0.4$$
$$z_+ = \ 2 \quad , \quad z_- = 1$$
$$\therefore \ \mu = 0.5\left(0.2\times2^2 + 0.4\times1^2\right) = 0.6\,m$$

وعليه يمكن استنتاج أن القوة الأيونية هي نفسها لنفس التركيز من الالكتروليتات ذات النسبة $(1 \ : \ 2)$ مثل K_2SO_4 وذات النسبة $(2 \ : \ 1)$ مثل $BaCl_2$.

سابعاً : التعبير عن التركيز في الصورة اللوغارثمية

يتغير تركيز الأيونات أحياناً بما يقابل عدة أرقام أسية، مثل تغير تركيز أيون الهيدروجين من 10 إلى 10^{-4} مول / لتر. ولسهولة التعامل لمثل هذه التغيرات أدخل مصطلح الرقم أو الأس الهيدروجيني pH بحيث يمكن التعبير عنه رياضياً بالمعادلة :

$$pH = -\log\left[H^+\right]$$

حيث $\left[H^{+}\right]$ هو تركيز أيون الهيدروجين بالمول / لتر ويأتي الحرف p في الرمز pH من الكلمة الألمانية potenz والتي تعني القوة.

مثال :

احسب الأس الهيدروجيني لمحلول $(0.1\ M)$ حمض كلوريد الهيدروجين (HCl)

الحل :

بما أن الحمض (HCl) قوي ويتأين كلياً إلى أيونات الهيدروجين وأيونات الكلوريد، ∴ تركيز أيون الهيدروجين يعادل تركيز الحمض الأول :

$$\left[\overset{+}{H}\right] = 0.1\ M = \left[10^{-1}\ M\right]$$

وبالتعويض في المعادلة

$$pH = -\log\left[H^{+}\right]$$
$$= -\log\left[10^{-1}\right] = 1$$

وبصورة عامة يمكن كتابة المصطلح كالآتي :

$$pX = -\log x$$

وعليه يمكن استخدامها في التعبير عن تراكيز أيونات الفلزات C_m حيث

$$pC_m = -\log C_m$$

كما أنه في حالة تأين الأحماض أو القواعد الضعيفة فإنه يمكن التعبير عن ثابت التأين K_a , K_b باستخدام المعادلة السابقة كالآتي :

$$pK_a = -\log K_a$$

$$pK_b = -\log K_b$$

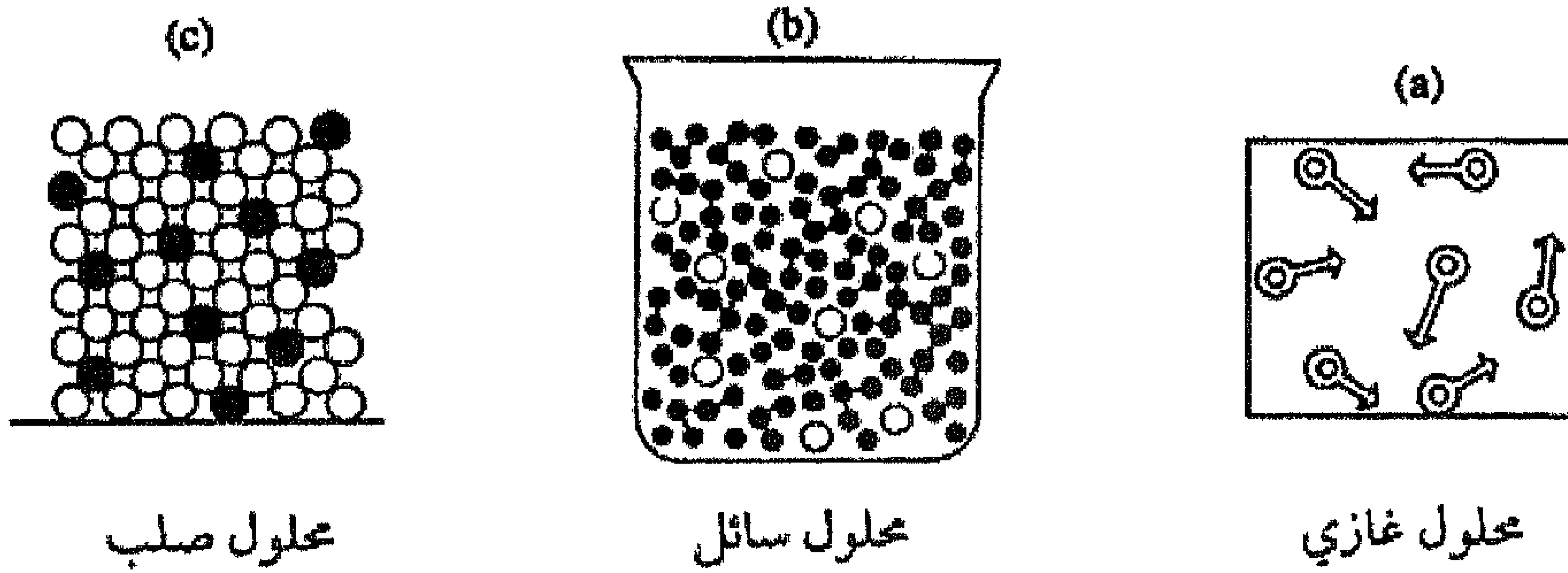
مثال :

احسب قيمة pK_a لحمض الخليك، علماً أن قيمة الثابت له تعادل :

$$K_a = 1.8\times10^{-5}$$

$$\begin{aligned} pK_a &= -\log K_a \\ &= -\log 1.8\times10^{-5} \\ &= 4.75 \end{aligned}$$

يوضح شكل (1-1i) نماذج لأنواع المحاليل الثلاث (غاز - سائل - صلب).



شكل(1-1i)

أنواع المحاليـــل: Types of solutions

تتوقف أنواع المحاليل على كل من المذيب والمذاب. حيث توجد ثلاثة أنواع من المحاليل تعتمد في تكوينها على سلوك المادة المذابة:

فإذا كانت دقائق المادة المذابة لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة (لا يتعدى قطر الدقيقة 10i A°) ويسهل نفاذها خلال الأغشية شبه المنفذة ولا تترسب في المذيب سميت ((المحاليل الحقيقية)) True solutions ومن أمثلة هذه المحاليل محلول ملح الطعام ومحلول السكر في الماء.

وهناك مخاليط يمكن رؤية الدقائق المنتشرة فيها بالعين المجردة (يزيد قطر الدقيقة عن 2000i A°) معلقة في السائل وتترسب بفعل الجاذبية الارضية ولا تستطيع النفاذ خلال الاغشية شبه المنفذة كمعلق الطباشير أو الرمل الناعم في الماء ويسمى هذا النوع من المخاليط ((المعلق)) Suspension.

والنوع الثالث من الدقائق لا يمكن أن تترسب من تلقاء نفسها إذا ترك المحلول، ولا يمكنها النفاذ خلال الأغشية شبه المنفذة وتتراوح قطر الدقيقة ما بين 10- 2000i A° كما يحدث عند رج الحليب الجاف في الماء ويسمى المحلول الذى يحتوى على هذه الدقائق ((محلول غروي)) Colloidal Solution

وبذلك يتضح الفرق بين المحاليل الحقيقية والمعلق والغرويات، وسنقوم بدراسة المحاليل الحقيقية والغرويات بشيء من التفصيل في هذه الوحدة.

من أكثر أنواع المحاليل شيوعاً المحلول الذي يتكون من مذاب صلب في سائل كمحلول السكر في الماء (شكل b-1) ويطلق على المحاليل التي يكون فيها المذيب سائلاً

((المحاليل السائلة)) وقد يكون المذاب فيها غازاً كمحلول غاز الأمونيا في الماء أو سائلاً مثل محلول حمض الإيثانويك في الماء أو صلباً كما في المحاليل التى نألفها. أما اذا كان المذيب غازاً تسمى ((المحاليل الغازية)) ويمكن أن يكون المذاب فيها على شكل غاز أو سائل أو صلب (جدول 1i – 1) وهناك نوع ثالث من المحاليل يعرف ((بالمحاليل الصلبة)) solid solutions حيث يكون المذيب مادة صلبة وللمحاليل الصلبة أهمية عملية كبيرة نظراً لأن جزاءاً كبيراً منها يعرف ((بالسبائك)) alloys فسبيكة النحاس الأصفر (Brass) ماهي إلا خليط متجانس من النحاس والخارصين بينما سبيكة الفضة الأسترلينية مكونة من النحاس والفضة.

والجدول التالي يوضح أمثلة مختلفة لأنواع المحاليل الحقيقية سواء كانت غازية أم سائلة أم صلبة.

جدول: (1i–1) أنواع المحاليل المختلفة وذلك حسب نوع المذيب

المحلول	المذاب	المذيب	أمثلة
غازي	غاز سائل صلب	غاز	الهواء: الأكسجين وبعض الغازات الأخرى في النيتروجين. النيتروجين الرطب: بخار الماء في النيتروجين. اليود في النيتروجين.
سائل	غاز سائل صلب	سائل	محلول الأمونيا: غاز الأمونيا في الماء. محلول حمض الإيثانويك :حمض الإيثانويك في الماء. محلول نترات البوتاسيوم :نترات البوتاسيوم في الماء.
صلب	غاز سائل صلب	صلب	الهيدروجين في البالاديوم. الزئبق في الفضة. الفضة في الذهب (سبائك معدنية)

ولمعرفة الخواص الفيزيائية للمحاليل لابد أولاً من تحديد كمية كل من المذيب والمذاب وهذا ما يدعونا إلى الإشارة إلى بعض طرائق التعبير عن التركيز قبل دراسة خواص الأنواع المختلفة للمحاليل.

أنواع المحاليل

تنقسم المحاليل حسب حالة المذيب إلى:

1- محاليل صلبة

2- محاليل سائلة

3- محاليل غازية

محاليل المواد الصلبة في السوائل

تعريف الذائبية

هي أقصى مقدار من المادة الصلبة التي يمكن أن تذوب في 100 جم من الماء عند درجة حرارة معينة.

العوامل المؤثرة على ذائبية المواد الصلبة في السوائل

1- طبيعة المذاب و المذيب

2- درجة الحرارة أثر طبيعة المذاب والمذيب

قاعدة:

المركبات الأيونية تذوب في المذيبات القطبية كالماء.

قاعدة:

المركبات القطبية تذوب في المذيبات القطبية كالماء.

قاعدة:

المركبات غير القطبية تذوب في المذيبات غيرالقطبية كالبنزين ورابع كلوريد الكربون.

- ذائبية نترات الأمونيوم في الماء عالية) علل (وذلك لأن المذاب أيوني والمذيب قطبي.
- ذائبية نترات الفضة في الماء عالية) علل (وذلك لأن المذاب أيوني والمذيب قطبي.
- ذائبية كلوريد الزئبق ll في الماء قليلة) علل (وذلك لأن كلوريد الزئبق مركب تساهمي قطبي والمذاب قطبي.
- ذائبية بروميد الفضة في الماء قليلة) علل (وذلك لأن الروابط بين أيونات الفضة والبروم قوية جداً لدرجة أن ما يفقد المركب من استقرار يصعب تعويضه بالتجاذب بين أيونات بروميد الفضة والماء.
- ذائبية كلوريد الزئبق ll في الغول الإيثيلي عالية) علل (وذلك لأن كلوريد الزئبق ll أقل أيونية والغول الأيثيلي أقل قطبية.
- ذائبية نترات الأمونيوم في الغول الأيثيلي قليلة) علل (وذلك لأن المذاب أيوني والمذيب أقل قطبية .

أثر درجة الحرارة:

تنقسم المواد من حيث ذائبيتها في الماء إلى :

1- مواد يصاحب ذوبانها امتصاص حرارة: تكون عملية الذوبان ماصة للحرارة إذا كانت طاقة التميه (ط) أقل من طاقة الترتيب البلوري (طب) وفي هذه الحالة تكون الذائبية صعبة ولكي يحدث الذوبان نحتاج إلى حرارة. وبذلك تزداد الذائبية بازدياد درجة الحرارة.

مثال : ذوبان نترات الصوديوم في الماء.

2- مواد يصاحب ذوبانها طرد حرارة تكون عملية الذوبان طاردة للحرارة إذا كانت طاقة التميه (ط) أكبرمن طاقة الترتيب البلوري (طب) وفي هذه الحالة تكون الذائبية سهلة. وبذالك تقل الذائبية بازدياد درجة الحرارة.

مثال : ذوبان هيدروكسيد الصوديوم في الماء .

3- مواد لا يصاحب ذوبانها امتصاص أو طرد حرارة تكون عملية الذوبان لا ماصة ولا طاردة للحرارة إذا كانت طاقة التميه (ط) تساوي طاقة الترتيب البلوري (طب). وبذالك فإن الذائبية لا تتأثر بزيادة أو نقص درجة الحرارة .مثال : ذوبان كلوريد الصوديوم في الماء.

منحنى الذائبية

فوائد منحنى الذائبية

1) معرفة التركيب الوزنية محلول مشبع عند درجة حرارة معينة من المنحنى يتبين أن المحلول المشبع من نترات البوتاسيوم يحتوي على 85 جم من الملح في 100 جم عند 50°م .

2) معرفة وزن المذاب الذي ينفصل من محلول عندما يبرد : من المنحنى يتبين أنه عند 50°م يذوب 85°جم من نترات البوتاسيوم في100 °جم من الماء فإذا برد المحلول إلى درجة 20°م، فمن المنحنى يتبين أن الذائبية تكون31 جم من الملح في100 جم من الماء كمية الملح المترسبة = 85 - 31 = 5 4 جم.

3) رتيب ترسيب الأملاح من محلول مختلط تحت ظروف معينة : عند 70°م : ذائبية نترات البوتاسيوم 140جم في 100جم من الماء ذائبية نترات الصوديوم 140جم في 100جم من الماء عند50°م : ذائبية نترات البوتاسيوم 17جم في100جم من الماء وعند تبريد المحلول المختلط فإن ملح نترات البوتاسيوم يترسب أولاً.

منحنيات الاتزان Equilibrium diagrams

تعتبر منحنيات الاتزان أو منحنيات تعادل الطور من اهم المصادر التي تقدم معلومات عن سلوك المواد في مختل عمليات التطبيق.

أهمية منحنيات الاتزان

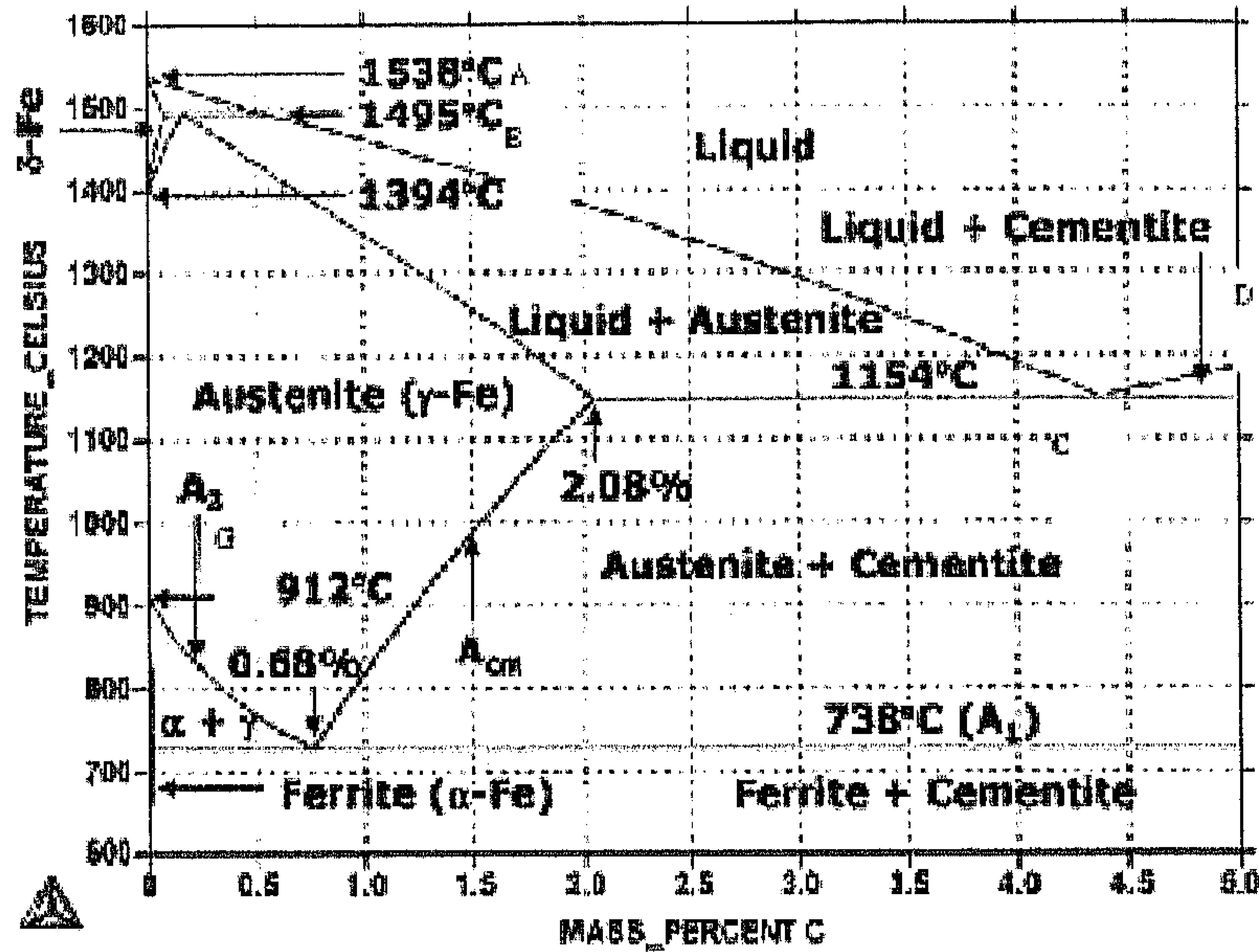
- تزودنا بمعرفة التكريب الكيماوي والاستقرار الطوري عند تغير درجات الحرارة والضغط والتركيب الكيماوي
- تسمح بدراسة العمليات الهامة والتحكم فيها مثل فصل الطور ، تصلب الفلزات والخزفيات
- تمدنا منحنيات الطور بالمعلومات عن النظام عندما يكون في حالة اتزان
- تساعد في تفسير علاقات الطور والتغيرات التركميبية الكيماوية والبناء التركيبي عندما لا يكون النظام في حالة اتزان.

ومنحنى الاتزان عبارة عن رسم بياني يبين التركيب (على الاحداثي السيني) ودرجة الحرارة (الاحداثي الصادي) وتعرف حالة الاتزان للسبائك بأنها الحالة التي تتواجد عندها مكونات السبيكة عند اقل وضع الطاقة تحت ظروف محددة من ضغط ودرجة حرارة وتركيز بحيث لا يتغير النظام دون حدوث اي تغيير في هذه الظروف.

مخطط الطور

مخططات الأطوار أو منحنيات الأطوار هي عبارة عن رسوم بيانية ثنائية الأبعاد لمادة معينة مثل الماء تبين علاقة الحالات الثلاثة للماء : الحالة السائلة، والحالة الغازية (بخار)، والحالة الصلبة (الثلج). والرسم البياني يبين العلاقة بين درجة الحرارة وضغط عند حجم

ثابت. وأحيانا تُرسم العلاقة بين الضغط و الحجم عند درجة حرارة ثابته. ومخطط الاطوار يختلف من مادة لمادة. و تدلنا مثلا عند كل درجة حرارة علي حالة السبيكة سواء أكانت سائلة أو صلبة. و كذلك علي عدد الأطوار المستقرة(الحالات) للمادة ونسبة كل طور من وزن السبيكة. أما الشائع والأكثر استخداما من بين أنواع منحنيات الأطوار فهو منحنيات الأطوار الثنائية و ذلك في علوم الفلزات (المعادن) و سبائكها. أما منحنيات الأطوار الثلاثية (وهى أكثر تعقيدا) فيغلب استخدامها في علوم و تكنولوجيا الخزفيات. كما توجد منحنيات الأطوار الرباعية و ما فوقها ونادرا ما تستخدم لصعوبة استقصاء المعلومات منها وكذلك لصعوبة إنشائها. ويستعاض عن ذلك بتقريبها من المنحنيات الثنائية أو الثلاثية.



النقاط الرئيسية في مخطط اطوار مجموعة الحديد fe – وكربيد الحديد fe3c

1- نقطة اليوتكتيك :عند تركيب 4.3٪كربون و درجة حرارة 1148 درجة مئوية

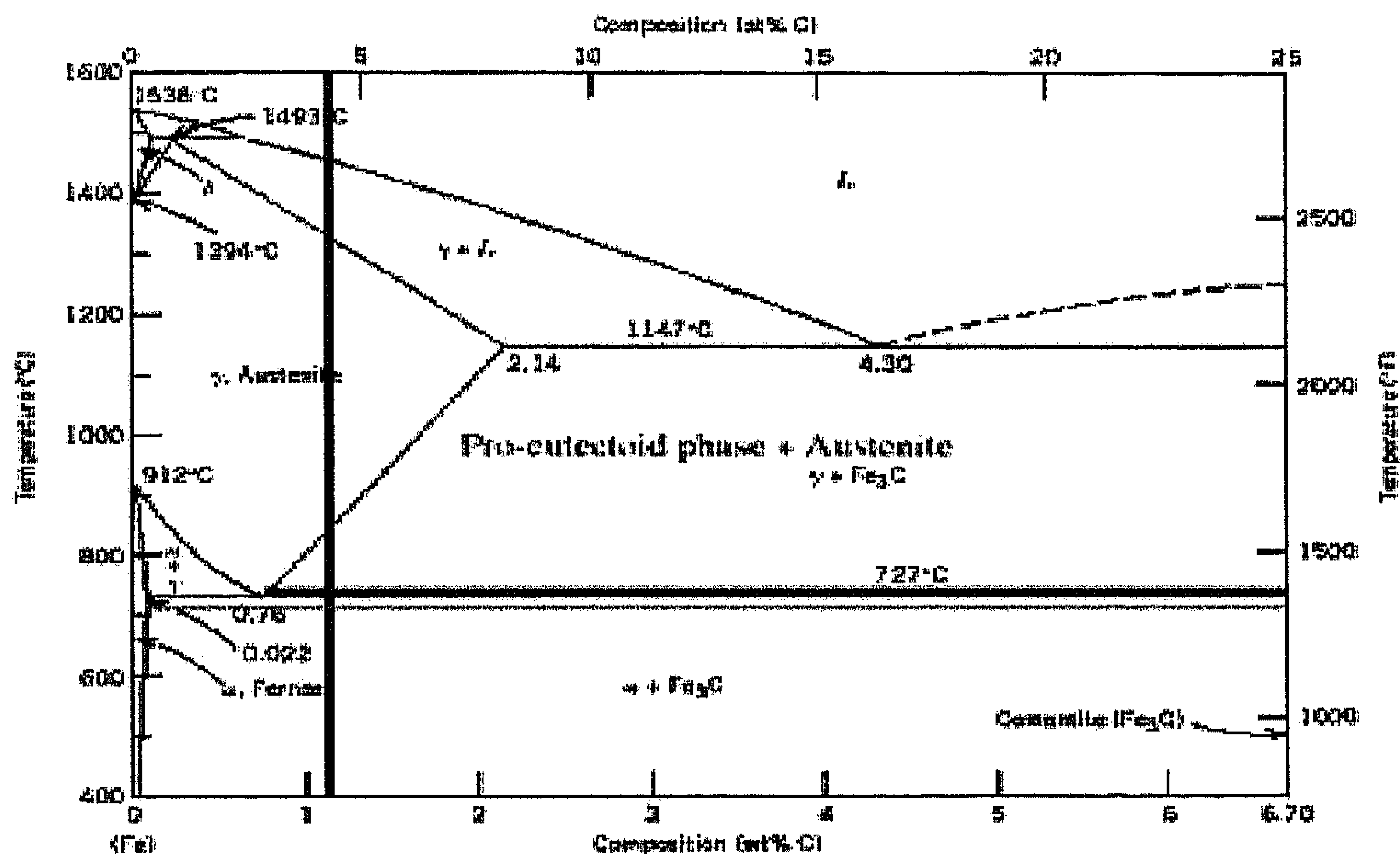
2- نقطة اليوتيكتويد :عند تركيب 0.77٪كربون و درجة حرارة 727 درجة مئوية

3- نقطة البريتيكتيد :عند تركيب 0.2٪كربون و درجة حرارة 1538 درجة مئوية

منحني الاتزان لنظام الحديد – الكربون

من بين جميع المنحنيات يمكن اعتبار منحنى الحديد – الكربون الأكثر أهمية. نظرا لان الفولاذ وحديد الزهر (المواد الأساسية في الإنشاءات والصناعات الهندسية) هي في الأساس سبائك حديد وكربون.

يبين الشكل أدناه منحنى الاتزان للحديد – كربون حيث يبين المحور السيني نسبة الكربون في الحديد ، بينما يبين المحور العامودي درجة الحرارة. تزداد نسبة الكربون كلما ابتعدنا عن نقطة التقاء المحورين بحيث يعتبر الحديد عند الاقتراب من التقاء المحورين حديدا نقيا.



عند التسخين يحدث للحديد النقي pure – iron تغيران اثنان في التركيب البلوري قبل الانصهار. عند درجة حرارة الغرفة يسمى الحديد المستقر فيرايت (ferrite) أو حديد α وتكون بلوراته على شكل مكعب مركزي الجسم (BCC) عند التسخجين وعندما يصل إلى

درجة حرارة 912 درجة سيليسيوس يكون حديد α قد تحول كاملا إلى اوستنايت (Austenite) أو حديد γ وتصبح بلوراته (FCC) ويحافظ الاوستنايت على هذا التركيب البلوي إلى ان يصل إلى درجة حرارة 1394 درجة سيليسيوس. وعندها يعود إلى التركيب البلوري (F.C.C) واسمه فيرايت ويرمز له بالرمزδ الذي ينصهر في النهاية عند درجة حرارة 1538 درجة سيليسيوس هذه التغيرات واضحة على طول المحور العامودي للمنحنى.

المنحنى ABCD يمثل الخط السائل الذي يعلوه طور سائل فقط يتأل من حديد مصهور وكربون مذاب.

ويمثل المنحنى AEPGCH خط الجامد.

- لا يعتبر حديد الفيرايت مهما نظرا لانه يكون متزنا عند درجات الحرارة العالية فقط. ولا يتواجد عند درجات الحرارة المنخفضه.
- يتشكل السمنتيت (fe3c) عندما يتم تجاوز ذائبية الكربون في حديد α عند درجات حرارة ادنى من 727 درجة سيليسيوس (عندما تكون المكونات ضمن منطقة +α
- يبين المنحنى وجود مدى تركيبي لكل من الفولاذ وحديد الصلب. حيث تعتبر التراكيب التي تحتوي على نسبة كربون تصل إلى 0.008 ٪ حديدا نقيا تجاريا ، ويعتبر الحديد الذي تبدأنسبة الكربون فيه من 0.008٪ إلى 2٪ فولاذ والتراكيب التي تحتوي على نسبة كربون اكثر من 2٪ حديد صب.
- يتحول الاوستنايت إلى برليت عند نقطة اليوتكتيد.
- البرليت هو مزيج من الرايت والسمنتيت.
- التحول اليوتكتيدي : هو تحلل المحلول الجامد إلى محلولين.

الانصهـــــــار

الانصهار fusion هو انتقال جسم من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة، وعكسه التصلب solidification.

تحكم ظاهرةَ الانصهار قوانينُ بسيطة إذا كان الجسم الصلب جسماً نقياً متبلوراً. ففي ضغط معين (ض) تنصهر بلورة الجسم في درجة حرارة محددة (د$_{م}$) تدعى درجة حرارة الانصهار أو نقطة الانصهار. ويحدث التبلور cristallisation في هذا الضغط نفسه ودرجة الحرارة نفسها، فتكون البلورة والسائل في الشرطين ض، د$_{م}$ جملة ثنائية الطور في توازن أحادي المتغير univariant تحكمه العلاقة تا (د، ض) =0، وبرسم التابع بدلالة (د) و (ض) ينتج منحنٍ يدعى منحني انصهار الجسم النقي. ويكون هذا المنحني ذا ميل موجب إذا ازداد حجم الجسم بالانصهار، وهذه هي الحالة العامة. غير أن هناك أجساماً كالجليد والبزموت يرافق انصهارَها نقصان في الحجم، ويكون ميل منحني انصهارها سالباً. وفي جميع الأحوال يعد هذا الميل مهماً إذا ما قورن بميل المنحنيات الأخرى لتغير الحالة، فهو يساوي 131كغ على السنتمتر المربع لكل درجة حرارة من أجل الجليد العادي بالقرب من درجة الصفر سلسيوس. وتعتمد درجة حرارة الانصهار في ضغط معين، وليكن الضغط الجوي مثلاً، على طبيعة الجسم اعتماداً كبيراً.

تتعلق درجة حرارة الانصهار بالضغط الخارجي ض، وتمثل هذه العلاقة في مخطط حالة المادة النقية، بمنحني الانصهار (منحني وجود الطورين الصلب والسائل كما في الشكل 1)

تتحدد العلاقة بين درجة الانصهار والضغط من اتجاه التغيرات الحجمية (Δح$_{م}$) عند الانصهار ويرافق انصهارَ المادة في أغلب الحالات ازدياد حجمها، فإذا حدث ذلك

فان ازدياد الضغط يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الانصهار. إلا أن الحجم ينقص عند الانصهار في حالة بعض المواد كالماء وبعض المعادن وأشباه المعادن على سبيل المثال (انظر الشكل).

يرافق الانصهارَ أيضاً تغير في الخواص الفيزيائية للمواد وتزداد الأنتروبية[ر] entropie (ويدل هذا على اختلال انتظام البنية البلورية للمادة). وتزداد السعة الحرارية والمقاومة الكهربائية، يستثنى من ذلك بعض أشباه المعادن (البزموت Bi والأنتموان Sb) وأنصاف النواقل (جرمانيوم Ge) التي تكون ناقليتها الكهربائية أعلى في الحالة السائلة. وتهبط عند الانصهار مقاومة الانزياح إلى الصفر فلا تستطيع الأمواج العرضانية أن تنتشر في الصهارة، وتتناقص سرعة انتشار الأمواج الطولانية كالأمواج الصوتية مثلاً.

ويعد الانصهار، وفق تصورات الحركة الجزيئية، أثراً لشيء آخر. فعند تسخين الجسم البلوري تزداد طاقة اهتزاز ذراته. مما يؤدي إلى ازدياد درجة حرارة الجسم وبدء ظهور أنواع مختلفة من العيوب في البلورة (عقد غير ممتلئة في الشبكة البلورية، عدم انتظام الشبكة، وتوغل الذرات بين عقدها وغير ذلك من العيوب).

حرارة الانصهار

يرافق الانصهارَ امتصاص للحرارة، ويمكن باستخدام المسعر قياس كمية حرارة الانصهار المستترة latente وهي بالتعريف: كمية الحرارة التي ينبغي تقديمها إلى واحدة الكتلة من الجسم الصلب كي ينصهر في درجة حرارة وضغط ثابتين، enthalpie (الانتالبي) الذي يرافق الانصهار. ولما كان تغير الأنتروبية فيكون تغير الطاقة

الحرة معدوماً $\Delta G=\Delta H-T\Delta S$، وهذا ما يعبر عن التوازن بين الطورين الصلب والسائل عند الانصهار.

فرط الانصهار

كثيراً ما يحدث، عند تبريد سائل، أن تنخفض درجة حرارته إلى ما دون درجة حرارة تجمده من غير أن يحدث التصلب، فيقال إن هناك تأخراً عن التبلور، وأن السائل في حالة فرط الانصهار surfusion، وهي حالة شبه استقرار metastable يمكن أن تتوقف بالخض أو بإدخال بلورة جسم صلب، وعندئذ يمكن أن ترتفع درجة الحرارة من جديد إلى(دم).

إن فرط الانصهار ظاهرة عامة (التأخر عن الانصهار retard à la fusion الذي لا يحدث)، إلا أن النزوع إلى الحفاظ على حالة فرط الانصهار نزوع يتغير بتغير الأجسام، وهكذا يمكن للماء والكبريت والفسفور الأبيض إبداء حالات فرط الانصهار في حدود عدة عشرات من درجات الحرارة. ويمكن للغليسرين (دا =18°س) أن يبقى في حالة فرط الانصهار إلى ما لا نهاية عند غياب التجمد. وإذا كانت حالة فرط الانصهار لسائل ما مهمة فإنه يتخذ في درجة حرارة منخفضة مظهر الزجاج نظراً لازدياد لزوجته ازدياداً كبيراً، ففي هذه الحالة الزجاجية يحتوي السائل المفرط في انصهاره على «بزور» germes متبلورة صغيرة جداً، إلا أن هذه البزور لا تستطيع التنامي. وإذا زيدت درجة الحرارة زيادة سريعة إلى قيمة لأدنى من دا بقليل تضخمت هذه «البزور» بوجه عام وزال التزجج أي حدوث التبلور.

الانصهار في التعدين

يتغير طور المعادن النقية وبعض السبائك الخليطة (الأشابات) ذات التراكيب المحدودة كمغايرات التحول eutectiques (ومغاير التحول صفة مزيج كيمياوي ينصهر في درجة حرارة ثابتة هي دون درجة حرارة انصهار كل من مركّباته). والمركبات ذات النسب المحددة، عند تسخينها في درجة حرارة ثابتة (نقطة الانصهار) في الضغط الجوي النظامي. ويظهر انصهار السبائك الخليطة تدريجياً في مجال من درجات الحرارة. وقد وضعت مخططات توازن الطور الصلب مع صهارته لسبائك خليطة ثنائية أو ثلاثية على شكل منحنيين، يسمى أحدهما منحني الصلابة solidus، وهو يحدِّد بدايةَ الانصهار، ويسمى الثاني منحني السيولة liquidus وهو يحدد نهاية الانصهار. وينجز الانصهار وفقاً للأغراض التعدينية إما بتحويرات كيمياوية أو دون تحويرات كيمياوية.

عمليات الانصهار المنجزة بتحويرات كيمياوية: هذه العمليات هي أساس كثير من المعالجات عند إعداد المعادن بدءاً من فلزاتها (خاماتها). فالانصهار المُرجِع يحكم جوهر سير الفرن العالي في صناعة الحديد وذلك بفعل المرجعات وأكسيد الكربون والكربون (الكوك) في فلز الحديد، مما يقود إلى الحصول على حديد الصب الذي هو خليطة من الحديد والكربون في الحالة السائلة. وفي مصنع الفولاذ يحوَّل حديد الصب إلى فولاذ بالانصهار المؤكسِد الذي يحذف الجزء الأعظم من الكربون.

المعدن	درجة الانصهار (س)
الألمنيوم	660
الفضة	960
الكروم	1920
النحاس	1083
القصدير	232
الحديد	1535
الغاليوم	29.8
الإيريديوم	2450
المغنزيوم	650
الزئبق	38.6-
النيكل	1453
الذهب	1063
البلاتين	1770
الرصاص	327
التنغستين	3400
الزنك (التوتياء)	420
درجة انصهار بعض المعادن النقية تحت الضغط الجوي	

وفي الكثير من عمليات الإعداد في التعدين يُلجَأ إلى طرائق انصهار خاصة كالانصهار المكوّن للخبث (فصل شوائب الركاز بتكوين خبث سيليسي)، وكالانصهار المكبِّرت (تكون كبريتيد معدني بإضافة الجص)، وكالانصهار المكربن، والانصهار مع

حدوث تفاعل متبادل ما بين مركبين (كالتفاعل بين أكسيد النحاس وكبريتيده للحصول على النحاس الخام).

عمليات الانصهار المنجزة من دون تحوير كيمياوي أوبتحوير كيمياوي ضئيل وثانوي: يلجأ إلى هذه العمليات في إعداد المعادن ومَحْصها سواء بغية إغناء الركاز بحذف شوائبه المعدنية الأكثر قابلية للانصهار أو بغية فصل طورين مختلفي قابلية الانصهار (طريقة التسييل أو التعرق) في سبيكة خليطة، أو فصل معدنين غير قابلين للامتزاج في الحالة السائلة.

يمارس أكثر عمليات الانصهار شيوعاً دون تحوير كيمياوي في سبك صُبّة المعادن النقية أو إعداد سبائك خليطة في الحالة السائلة، وصب السبائك أو القطع المقْولبة. وعند تحضير سرير الانصهار أي عندما تكوِّن بنية الحمولات المراد صهرها، يجب أن يؤخذ بالحسبان طبيعة المعادن والسبائك الخليطة وشكلها (السبائك، سبائك الفولاذ أوالحديد، والسُّقاطات والقطع المستعادة والقُشارات) وحالة نظافتها (غياب الأجسام الدسمة والرمل والفلزات والنداوة). كما يجب أن تعوِّض كمياتُ المعادن ونسبُها في الحمولات «الفقدَ بالنار» بتفاعلات الأكسدة الثانوية وتكوّن الخبث والتطاير.

وتخضع رتبةُ تغيير المكونات وسير حلقة التسخين حتى الانصهار لموجبات متناقضة أحياناً، كالحصول على انصهار سريع لتجنب الأكسدة أو الحد منها أو لتجنب إفساد الحمولات، وكالتسخين التدريجي والحفاظ على المكونات في حالة الانصهار مدة كافية قبل الصب لإتاحة المجال لعناصر المغطس كي تنتشر وتتجانس، وكاتخاذ التدابير كيلا يتلوث

المغطس بالتفاعل مع الجو (الهواء اللهب)، ولا يتخزَّف قعر sole الفرن وبوتقة الانصهار وجيب الصب.

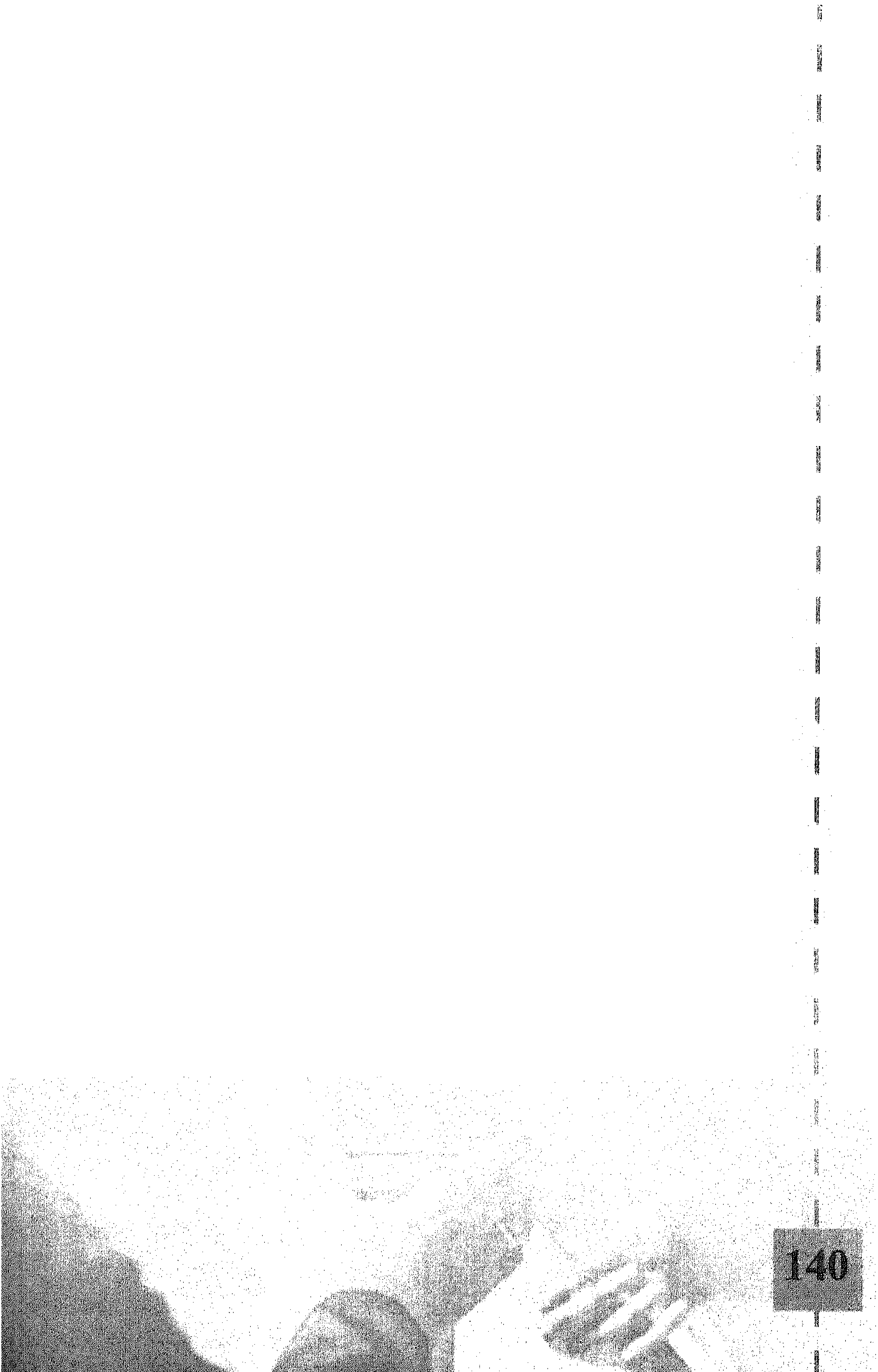
وقد قاد وجوب مراعاة تنفيذ جميع هذه التدابير في إعداد السبائك الخليطة الجيدة (الفولاذ الخاص للمُدْرجات rollings) أو المعادن الفعالة (التيتانيوم، الزِرْكونيوم، الأورانيوم) إلى تحقيق طرائق انصهار خاصة كالانصهار في جو حافظ مؤلف من الآزوت أو الآرغون في جو مخلخل أو في الفراغ (في ضغط منخفض يراوح بين 0.01مم و3مم زئبق)، في أفران ذات تحريض. ويمارس الانصهار بالقوس الكهربائية في الفراغ أو في الضغط الجوي بطريقة المسرى المستهلك المؤلف من المعدن أو السبيكة المراد صهرها، وذلك بتفجير القوس بين هذا المسرى وسطح المغطس.

4

الوحدة الرابعة

الخواص الميكانيكية واختباراتها

Mechanical properties and microstructure control



الخواص الميكانيكية واختباراتها

الخواص الميكانيكية

عندما تتعرض المواد الصلبة و بصفة خاصة الصخور لقوى خارجية قد يؤدى ذلك إلى تغير في شكلها الأصلي أو حجمها أو الاثنين معا، و يقال في هذه الحالة حدث تشوه للمادة. لذلك يجب علينا دراسة أنواع القوى المؤثرة على المادة ، أنواع التشوه الحادثة بها، لذلك يجب علينا دراسة الخواص الميكانيكية التالية بشيء من التفصيل .

المرونـــــة

المرونة هي ظاهرة في الجسم تمكنه مكن استعادة وضعه الأصلي بعد زوال القوة المؤثرة.

ووفقا لهذا التعريف يمكننا تقسيم المواد حسب مرونتها إلى قسمين:

الجسم المرن:- هو الجسم الذي يقاوم التشوه الحادث فيه، أو هو الجسم الذي يستعيد وضعه الأصلي بعد زوال القوة المؤثرة.

الجسم اللدن:-

و هو الجسم الذي يحتفظ بالتشوه الحادث فيه، أو هو الجسم الذي لا يستعيد حالته الأولى بعد زوال القوة المؤثرة.

الطروقية Malleability

هي قدرة المادة على أن يحدث لها تغيرات لدنة كبيره تحت حمل الضغط أي قدرة المادة على التفلطح بالطرق بدون حدوث كسر .

التقصف Brittleness

هي الخاصية التي تجعل المادة تنكسر قبل حدوث تغير ملحوظ في الشكل مثل الحديد الزهر والخرسانة فإنها تنكسر تحت تأثير الحمل دون أن يحدث لها تغير ملحوظ في الشكل كذلك الزجاج حيث يعتبر مادة قصفه ويعتبر التقصف عكس المطولية .

الليونـــــــة

وهي خاصية عدم مقاومة المادة لاي نوع من أنواع التشكل وهي عكس خاصية الصلابة .

الصلادة

الصلادة قدرة المادة على خدش مواد أخرى، أو مقاومتها للخدش. وتقاس صلابة المادة بمقارنته بصلابة عشرة معادن معروفة جدا مرتبة في جدول من 1 إلى 10. وكل معدن في الجدول يخدش المعدن الأقل منه في الترتيب، ويمكن أن يخدش بالمعادن الأعلى منه في الترتيب العددي.

ومقياس الصلابة القياسي التصاعدي هو كما يلي: 1- التلك 2- الجبس 3- الكلسيت 4- الفلوريت 5- الأباتيت 6- الفلسبار (سليكات الألومنيوم) 7- المرو 8- التوباز 9- الياقوت 10- الماس.

الإجهاد Stress

يعرف الإجهاد بأنه القوة المؤثرة عموديا على وحدة المساحات من الجسم. فإذا أثرت قوة F على مساحة A من الجسم فأن الإجهاد يعطى من العلاقة:

$$\text{Stress} = F/A$$

ووحدة الإجهاد هي داين / سم^2. و يختلف نوع الإجهاد الحادث باختلاف نوع القوة المؤثرة، حيث أن القوى المؤثرة على الجسم يمكن تقسيمها إلى

1- قوة ضغط

2- قوة شد

3- قوة قص

فإن الإجهاد الناتج يكون له ثلاثة أنواع.

1) إجهاد طولي Tensile stress

و في هذه الحالة يحدث تغير في طول الجسم لأن القوة المؤثرة تعمل على طول الجسم.

2) إجهاد ضاغط Compressive stress

و في هذه الحالة يحدث انكماش للجسم، كوضع جسم تحت قوتين متضادتين.

3) إجهاد قصي Shear stress

هذا النوع من الإجهاد يؤدى إلى تغير شكل الجسم، مثل التأثير بقوة مماسية على جسم من المطاط على شكل مكعب مثبت من قاعدته.

الانفعال

طالما هناك قوة مؤثرة على الجسم فان هناك إجهاد و طالما يوجد الإجهاد فان هناك تغير في الجسم و هو ما يسمى بالانفعال.

فعند تأثير إجهاد على الجسم فان مقدار التغير في أبعاد الجسم إلى البعد الأصلي أو التغير في شكل الجسم إلى الشكل الأصلي هو الانفعال.

و لذلك يكون للانفعال ثلاث أنواع:

1) الانفعال الطولي

وهو مقدار التغير في طول الجسم إلى الطول الأصلي

2) الانفعال الحجمي

وهو مقدار التغير في حجم الجسم إلى الحجم الأصلي

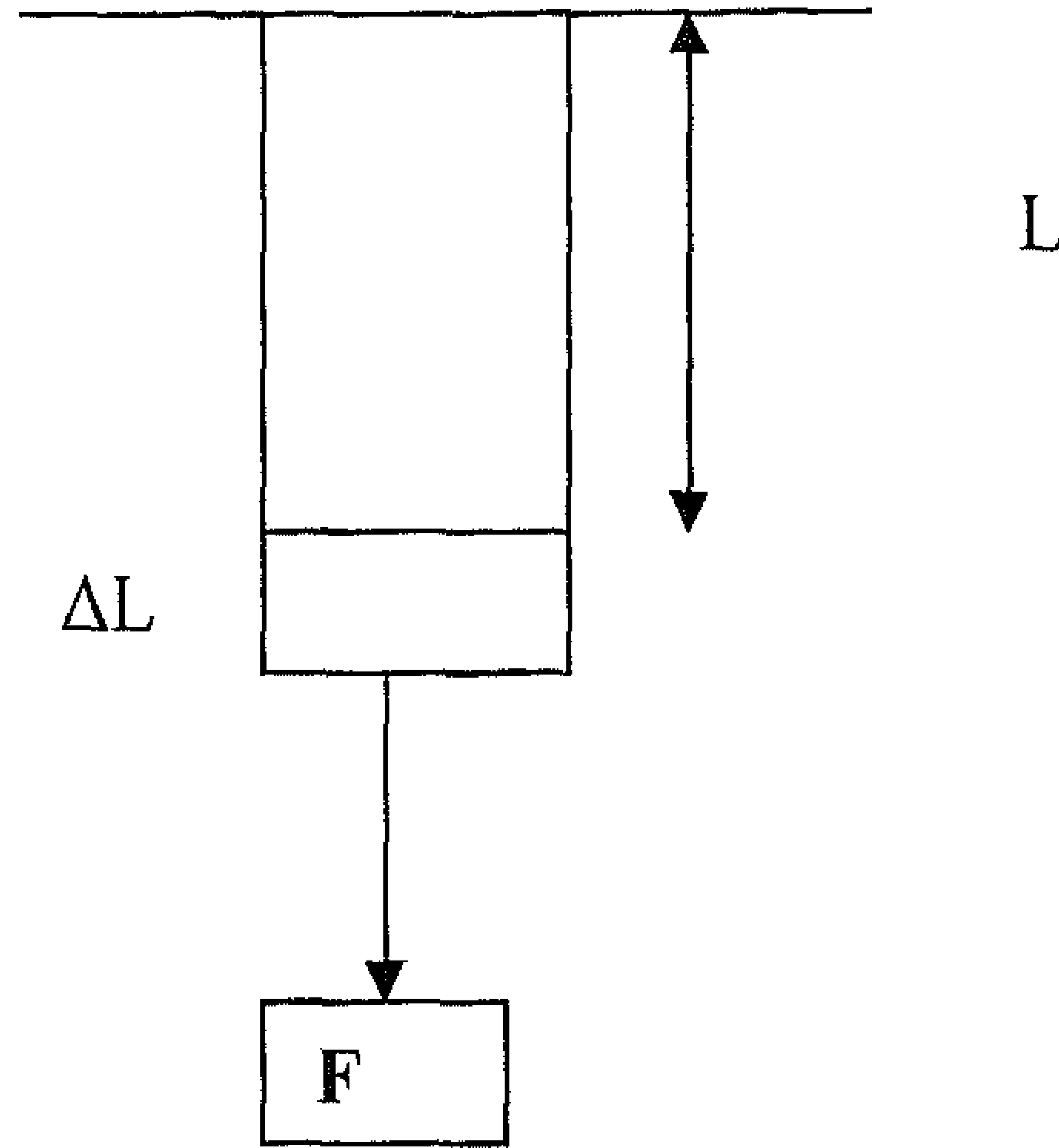
3) الانفعال القصي

وهو مقدار التغير في شكل الجسم إلى الشكل الأصلي (دائما عبارة عن زاوية).

من الأنواع السابقة للانفعال نستنتج بأنه ليس له وحدة، حيث أنه دائما نسبة بين كميتين من نفس النوع.

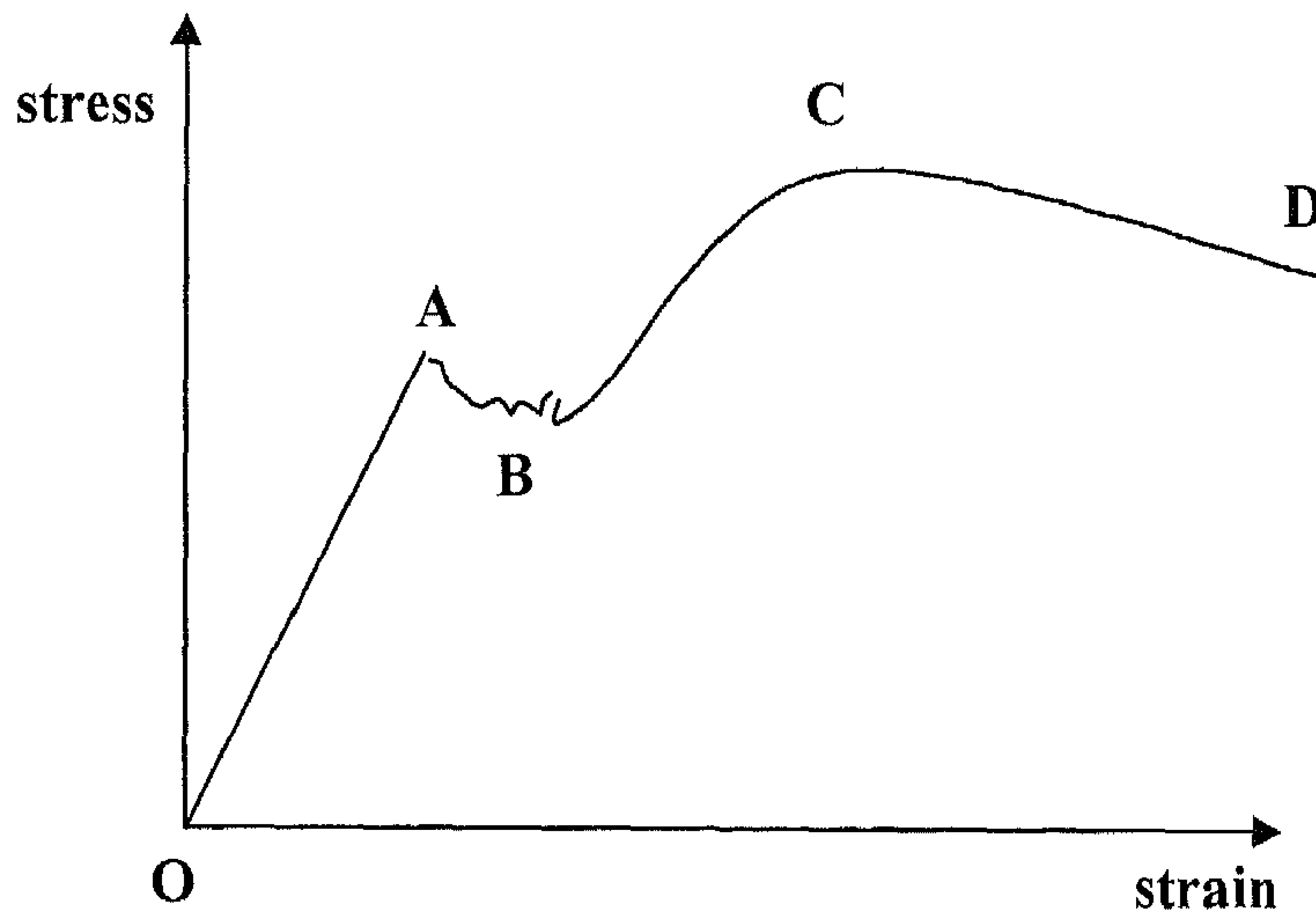
العلاقة بين الإجهاد الطولي و الانفعال الطولي

نفرض لدينا قضيب طوله L و مساحة مقطعه A مثبت راسيا من أحد طرفيه و معلق في طرفه الأخر ثقل ذو قوة شد F كما هو موضح بالرسم.



ونتيجة لتأثير هذه القوة سوف تحدث استطالة للقضيب و ليكن بالمقدار ΔL.
وبذلك يكون الإجهاد المؤثر هو(F/A) و يكون الانفعال الناتج هو (ΔL/L).

فإذا استبدلنا الثقل بأثقال أخرى تزداد تدريجيا و في كل مرة نعين الانفعال الحادث، فانه يمكننا دراسة العلاقة بين الإجهاد و الانفعال، والتي تشبه العلاقة الموضحة بالرسم التالي.



يسمى المنحنى الذي يربط بين الانفعال والإجهاد بمنحنى المرونة. ويشتمل منحنى المرونة على المناطق التالية:

1- **الخط المستقيم OA** والذي يوضح أن الإجهاد يتناسب تناسب طردي مع الانفعال وإذا أذيل الإجهاد المؤثر على هذا الجسم خلال تلك المنطقة، فان الجسم يستعيد وضعه الأصلي. ويكون الجسم في هذه المنطقة تام المرونة، كما تسمى النقطة A حد المرونة.

2- **المنطقة AB** وتوضح هذه المنطقة أن الانفعال لم يعد يتناسب مع الإجهاد ويكون سلوك الجسم في هذه المنطقة سلوك عشوائى أو في حالة من عدم الاستقرار. كما تسمى النقطة B نقطة الإذعان.

3- **إذا تخطت المادة النقطة B** فان أي زيادة صغيرة في قيمة الإجهاد تسبب زيادة كبيرة في قيمة الانفعال الحادث حتى تصل المادة إلى النقطة C وهي تمثل أقصى قيمة للإجهاد المطبق على الجسم.

4- **بعد النقطة C** نلاحظ استمرار انفعال الجسم دون حدوث أي زيادة في الإجهاد حتى تصل حالة الجسم إلى النقطة D التي يحدث عندها الاختناق ويؤدى ذلك إلى انفصال الجسم. وتسم النقطة D نقطة الكسر.

قانون هوك Hook's low

ينص قانون هوك على أن الإجهاد يتناسب تناسبا طرديا مع الانفعال إذا كان مدى التأثير لا يتعدى منطقة المرونة.

Stress = constant x Strain (*)

ويسمى ثابت التناسب بين الإجهاد والانفعال بثابت المرونة أو معامل المرونة وله نفس وحدة الإجهاد. ولهذا الثابت ثلاث أنواع حسب كيفية الإجهاد المؤثر وهي:

1- معامل المرونة الطولي (معامل ينج)

إذا أثرت قوة شد F على سلك مساحة مقطعه A وطوله L ، فإنها سوف تحدث استطالة مقدارها ΔL. وتأخذ العلاقة (*) الشكل

$$\frac{F}{A} = constant\ x\ \frac{\Delta L}{L} \qquad (1)$$

ويسمى الثابت في هذه الحالة معامل ينج (Y). حيث أن

$$Y = \left(\frac{F}{A}\right) \Big/ \left(\frac{\Delta L}{L}\right) \qquad (2)$$

2- معامل المرونة الحجمى

إذا أثرت قوة ضغط P (إجهاد) على حجم V من جسم، فان هذا الضغط سوف يعمل على تغير حجم الجسم (حدوث انكماش) بالمقدار ΔV ويكون معامل المرونة الحجمى هو B .

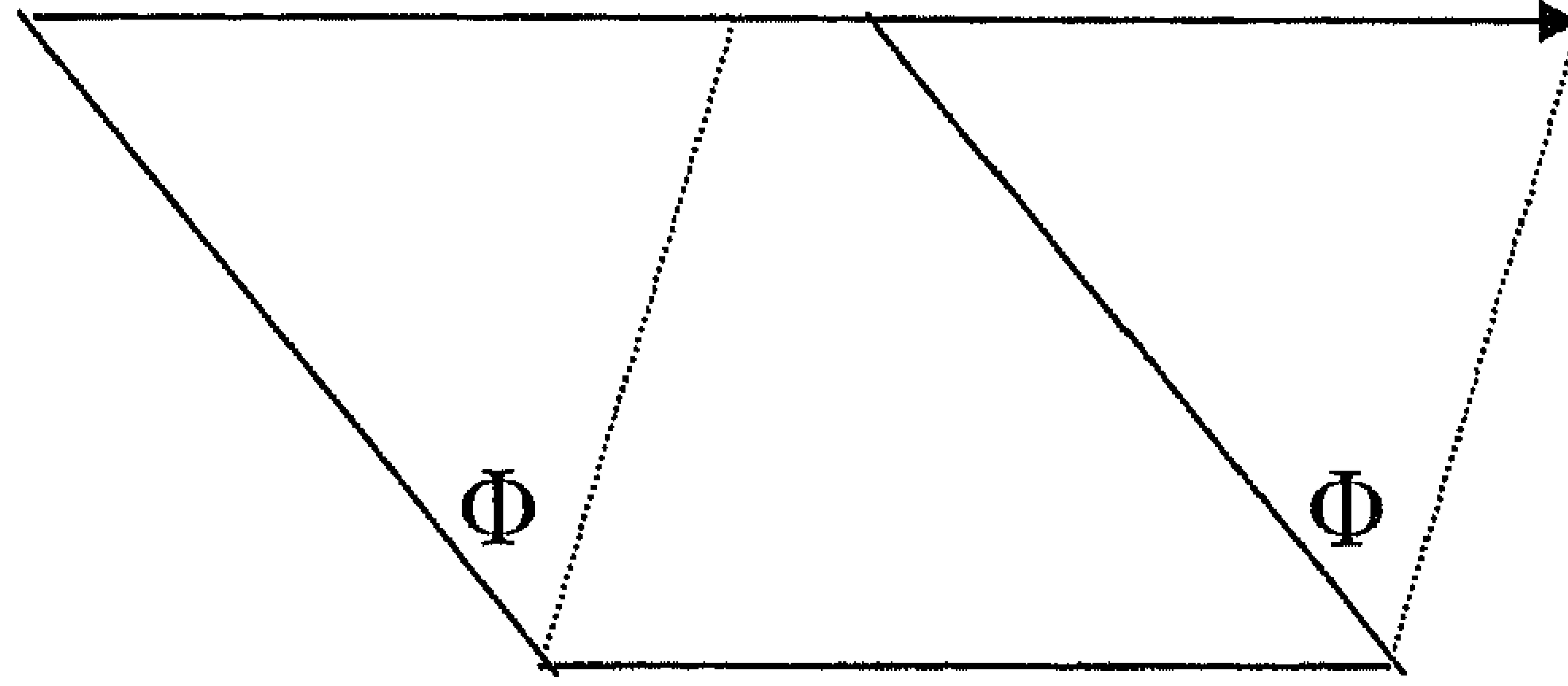
$$B = -\ \frac{P}{(\Delta V / V)} \qquad (3)$$

والإشارة السالبة تعنى حدوث انكماش في الجسم (نقص في الحجم). ويسمى مقلوب معامل المرونة الحجمى بالقابلية الانضغاطية ويرمز له بالرمز K . حيث أن:

$$K = 1/B = -\ \frac{\Delta V / V}{P} \qquad (4)$$

3- معامل المرونة القصي (معامل المتانة)

هو النسبة بين القوة المماسية F المؤثرة على وحدة المساحات A وزاوية القصي Φ. فإذا أثرت قوة مماسية على السطح العلوي لمكعب بحيث تسبب إزاحة صغيرة له دون أن تأثر على القاعدة (مثبت من القاعدة). وبذلك فان معامل المتانة يأخذ الصورة:



$$S = \frac{F / A}{\Phi} \qquad (5)$$

تحليل الإخفاق الميكانيكي

إن تحليل الإخفاق هي عملية جمع وتحليل البيانات اللازمة من أجل تحديد أسباب إخفاق القطعة أو المنشأة الهندسية. إن العمل على الوقاية من الإخفاق هو مجال هام في دراسة المواد المستخدمة في التصميم الهندسي. حالياً يوجد العديد من الطرق المعروفة من أجل تحليل الإخفاق للمواد الهندسية، ويفيد تحليل الإخفاق بشكل خاص في تفادي حدوث الكوارث. يقدم ميكانيك الإنكسار طريقة فعالة جداً من أجل تحليل الإخفاقات وأيضاً من أجل تعديل التصاميم الهندسية من أجل تفادي الإخفاقات الممكنة الحدوث. بشكل مشابه فإن الإختبارات اللا إتلافية تعمل كأحد التقنيات من أجل تحليل الإخفاقات بالإضافة لكونها طريقة من أجل التنبؤ ومنع حدوث الانهيار.

يحتل تحليل الإخفاق مكانة هامة في عملية التصميم الهندسي. حيث يتزايد الطلب أخلاقياً وقانونياً على فهم طبيعة الإخفاقات والعمل على تفادي الكوارث الهندسية في علم المواد والتصميم الهندسي.

أنواع الإخفاقات

هناك العديد من أنواع الإخفاقات من الممكن تعريفها، بشكل رئيسي تتوزع على ثلاثة أنماط رئيسية:

- **إخفاق مطيلي:** يلاحظ هذا النوع من الإخفاقات في العديد من المواد التي تخضع لتحميل زائد يدفع في المادة إلى ما وراء حد المتانة وبالتالي فإنها تنهار أو تنكسر.
- **إخفاق قصف:** هو نوع الإخفاق الذي يحدث فيه الإخفاق على شكل تشقق سريع بدون حدوث التشوه اللدن فيها.
- **إخفاق التعب:** يكون نتيجة لإجهادات متكررة يكون كل من هذه الإجهادات تحت مستوى إجهاد الخضوع للمادة. حيث إن إخفاق التعب ينمو بشكل بطيء على شكل تشقق في المادة بحيث يشكل سطح الانكسار.
- **إخفاق تعب تآكلي:** يحدث نتيجة التأثيرات المتداخلة لدورات الإجهاد والتآكل. وبشكل عام فإن عمر المادة عند قيمة إجهاد معين تنقص تحت تأثير بيئة تآكل كيميائي.
- **إخفاق إجهاد تآكلي:** يكون أيضاً بسبب اجتماع الإخفاق الميكانيكي والكيميائي ولكن تكون الإجهادات ذات طبيعة غير دورية تحت قيمة إجهاد الخضوع تسبب بداية ظهور التشققات في المادة في بيئة كيميائية متوسطة الشدة.

- **إخفاق مائي:** يكون على طيف واسع من الضرر السطحي للمادة بسبب جريان الماء، ويكون الإخفاق على شكل تشوه أو اقتلاع أجزاء للسطح ويكون تأثيره كبيراً خاصة في التطبيقات التي تعتمد على سلاسة الجريان السطحي.
- **إخفاق تآكل سائلي:** هو نوع خاص من الضرر السطحي للأسطح الجريانية عندما يكون السائل ليس ماء ويحدث فيه أيضاً اقتلاع لأجزاء من السطح وتنتج فيه أجزاء سطوح على شكل بيوت النحل.
- **تقصف هيدروجيني:** يعتبر من أخطر أنواع الإخفاقات الميكانيكية في الفولاذ العالي المتانة. حيث تنحل بعض جزئيات من المليون من الهيدروجين في الفولاذ مسببة تشققات شعرية وبالتالي فقدان المطيلية للمادة. يأتي الهيدروجين أثناء خدمة القطعة في بيئات عمل خاصة غنية بهذا الغاز.
- **إخفاق بالزحف:** من الممكن أن يحدث عند تقريباً حوالي نصف درجة حرارة انصهار السبيكة. يعرف الزحف على أنه التشوه اللدن الذي يحدث في المادة التي تخضع لحمل ثابت لفترة زمنية طويلة. تحدث هذه الظاهرة عند درجة حرارة الغرفة في الكثير من المواد اللدنة ذات درجة حرارة الانصهار المنخفضة (مثل الرصاص) ومن الممكن أن تحدث عند درجة حرارة 1000 مئوية في المواد السيراميكية والمواد ذات درجة الانصهار العالية.
- **إخفاق معقد:** وفي هذا النوع يكون سبب الإخفاق تعاقب نوعان أو أكثر من مسببات الإخفاق. على سبيل المثال يحدث تشقق ابتدائي بسبب التآكل الإجهادي ثم يزداد التشقق سوءاً بسبب عمل القطعة في بيئة ذات طبيعة كيميائية.

طرق تحليل الإخفاق

تم تطوير العديد من الطرق من أجل تحليل الإخفاق للمواد الهندسية. وعلى الرغم أنه تختلف الطريقة باختلاف طبيعة الإخفاق فإن الخطوات الأساسية لتحليل هي:

- تجميع معلومات عن القطع وعينات
- اختبار أولي للقطعة المنهارة
- اختبار لا إتلافي
- اختبار ميكانيكي
- تنظيف سطوح الانهيار
- فحص ماكروسكوبي (1 إلى 100 ضعف) للسطوح المنهارة
- فحص ميكروسكوبي (أكبر من 100 ضعف) للسطوح المنهارة
- تطبيق ميكانيك الانكسار
- تحليل الأسباب، وضع الاستنتاجات وكتابة التقرير

زحف (ميكانيكا)

زحف أو انسلال (Creep) وهو:

1- تحول بطيء متزايد مستمر لمادة ما ينتج عنه تغير في شكلها وخواصها عند تعريضها لإجهاد ضعيف مستمر لمدة طويلة.

2- الانفعال الذي يحدث بمضي الزمن في عينة مجهدة.

حد الزحف

ويعرف حد الزحف (Creep Limit) على أنه:

1- أقصى جهد اسمي ينخفض عنده معدل انفعال الزحف مع الزمن باستمرار مع ثبات الحمل ودرجة الحرارة.

2- الجهد الأقصى الذي يسبب مقداراً من الزحف أقل من قيمة معينة بعد زمن معين.

قانون "أندريد" للزحف

قانون "أندريد" للزحف (Andrade's creep law)هو قانون ينص على أن الزحف يبدي أولاً حالة عابرة يتناسب فيها الانفعال مع الجذر التكعيبي للزمن ثم يعقبها حالة استقرار حيث يصبح الانفعال فيها متناسباً مع الزمن.

معادلة الزحف العامة

$$\frac{d\epsilon}{dt} = \frac{C\sigma^m}{d^b} e^{\frac{-Q}{kT}}$$

where ε is the creep strain, C is a constant dependent on the material and the particular creep mechanism, m and b are exponents dependent on the creep mechanism, Q is the activation energy of the creep mechanism ،σ is the applied stress, d is the grain size of the material, k is Boltzmann's constant, and T is the absolute temperature .

زحف البوليمرات

الزحف يمكن أن يحدث في البوليمرات والفلزات التي تُعتبر مواد لزجة مرنة. عندما تتعرض مادة بوليمرية لقوة مفاجئة، رد الفعل يمكن عمل نموذج له باستخدام Model Kelvin-Voigt. في هذا النموذج، المادة يمثلها spring and a Hookean a dashpot Newtonian على التوازي. إنفعال الزحف يُقدر بالمعادلة التالية:

$$\epsilon(t) = \sigma C_0 + \sigma C \int_0^\infty f(\tau)(1 - \exp[-t/\tau])d\tau$$

Where :

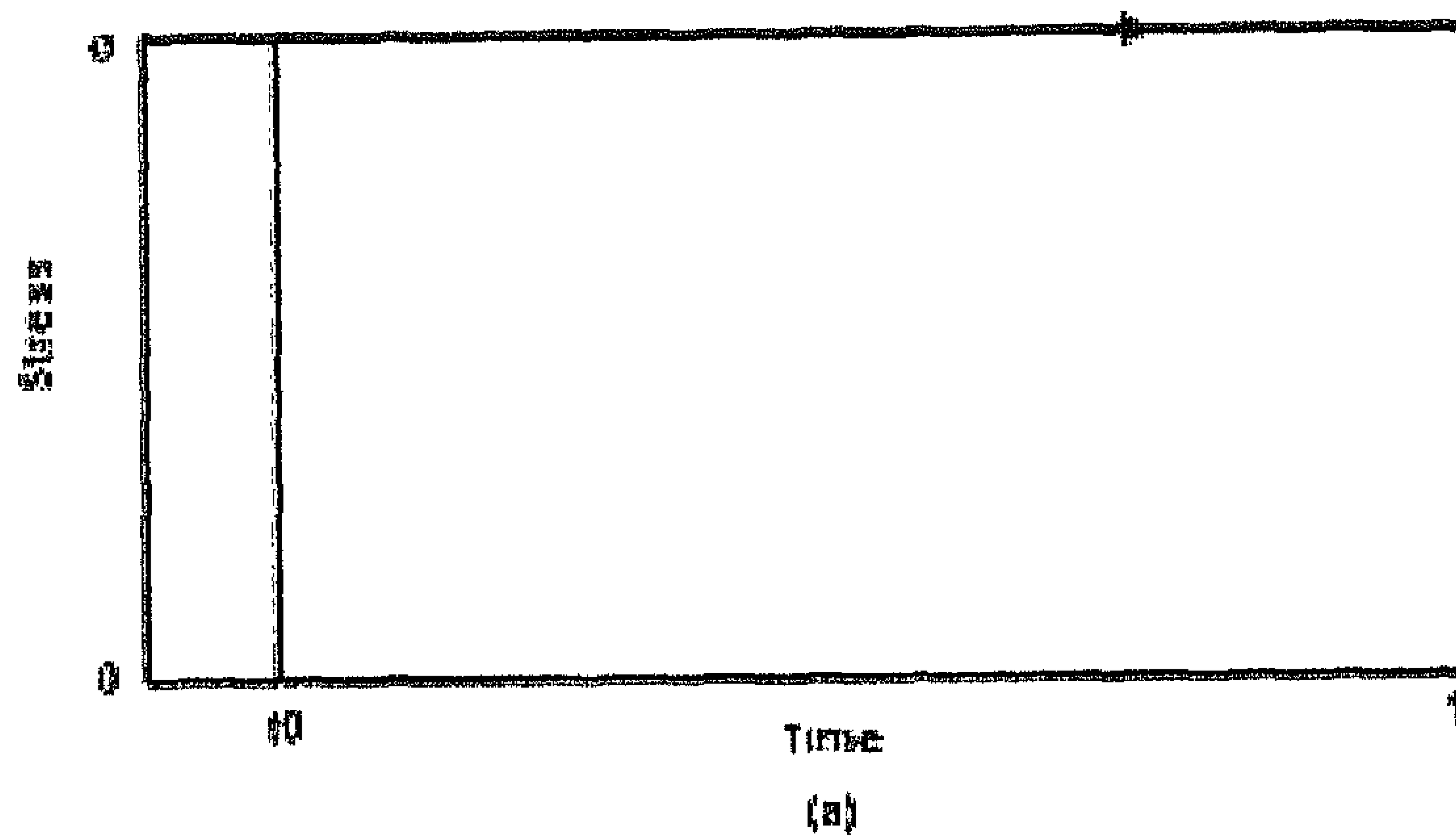
σ = applied stress

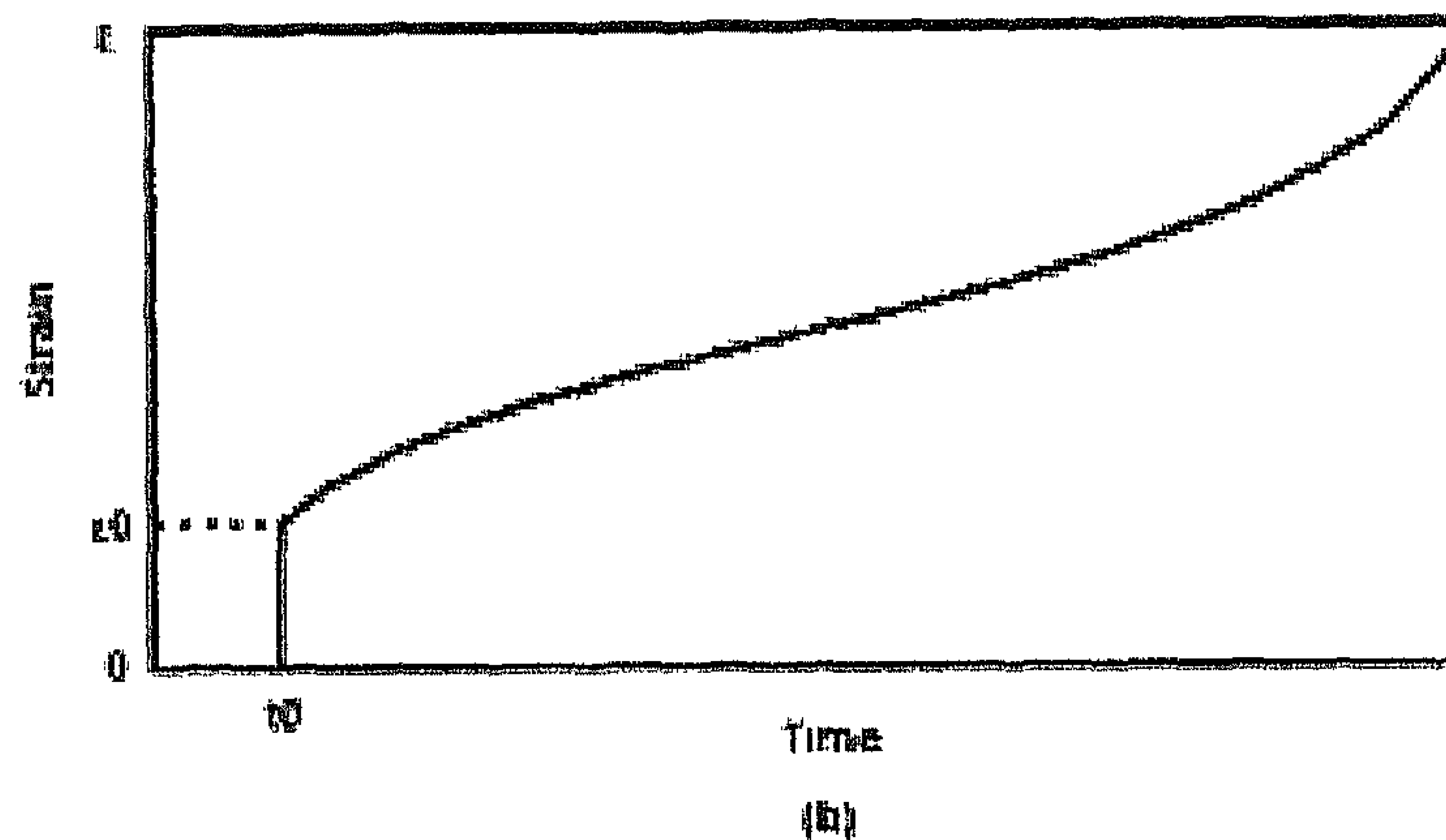
$C = {}_{0}$instantaneous creep compliance

C = creep compliance coefficient

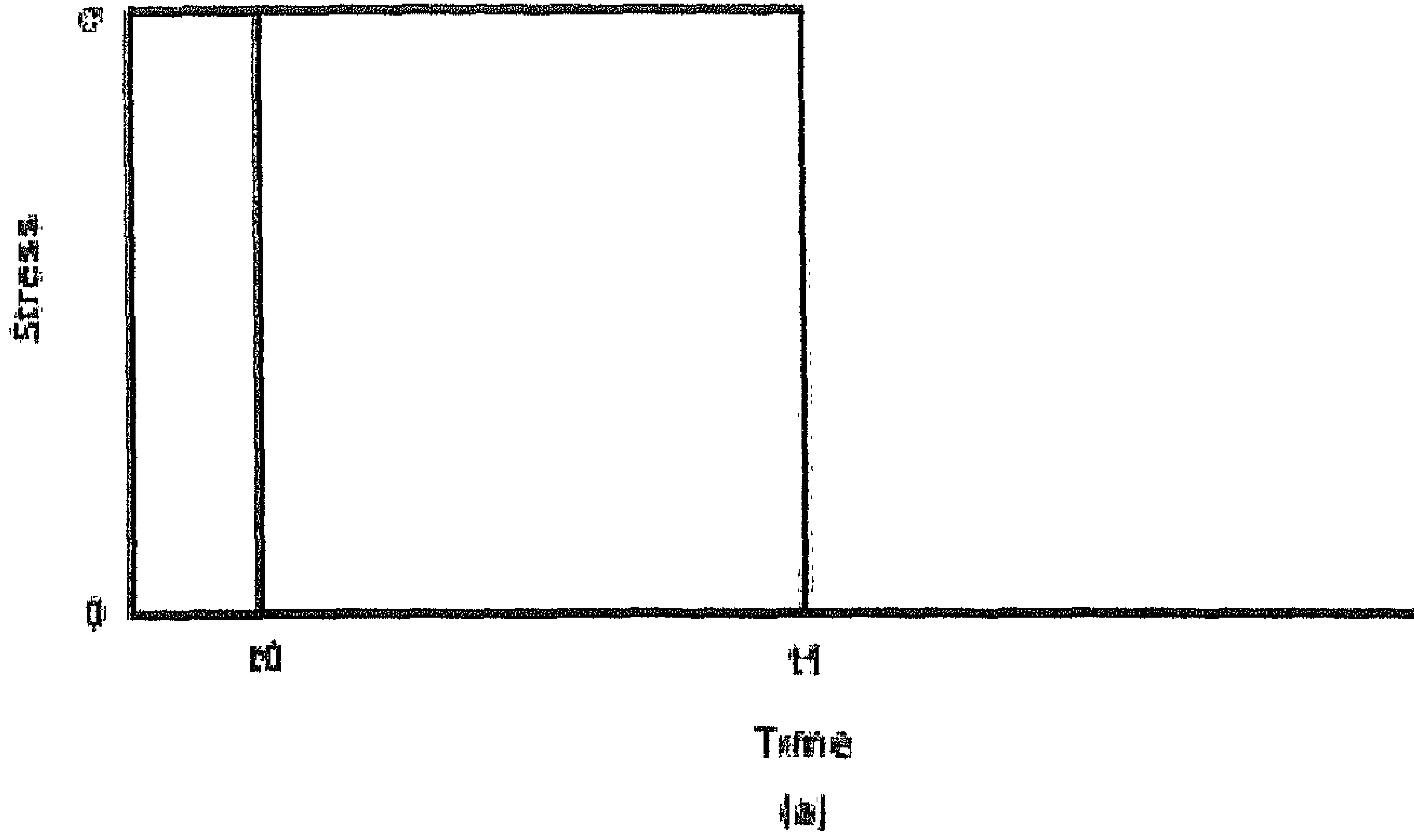
τ = retardation time

$f)\tau$ = (distribution of retardation times

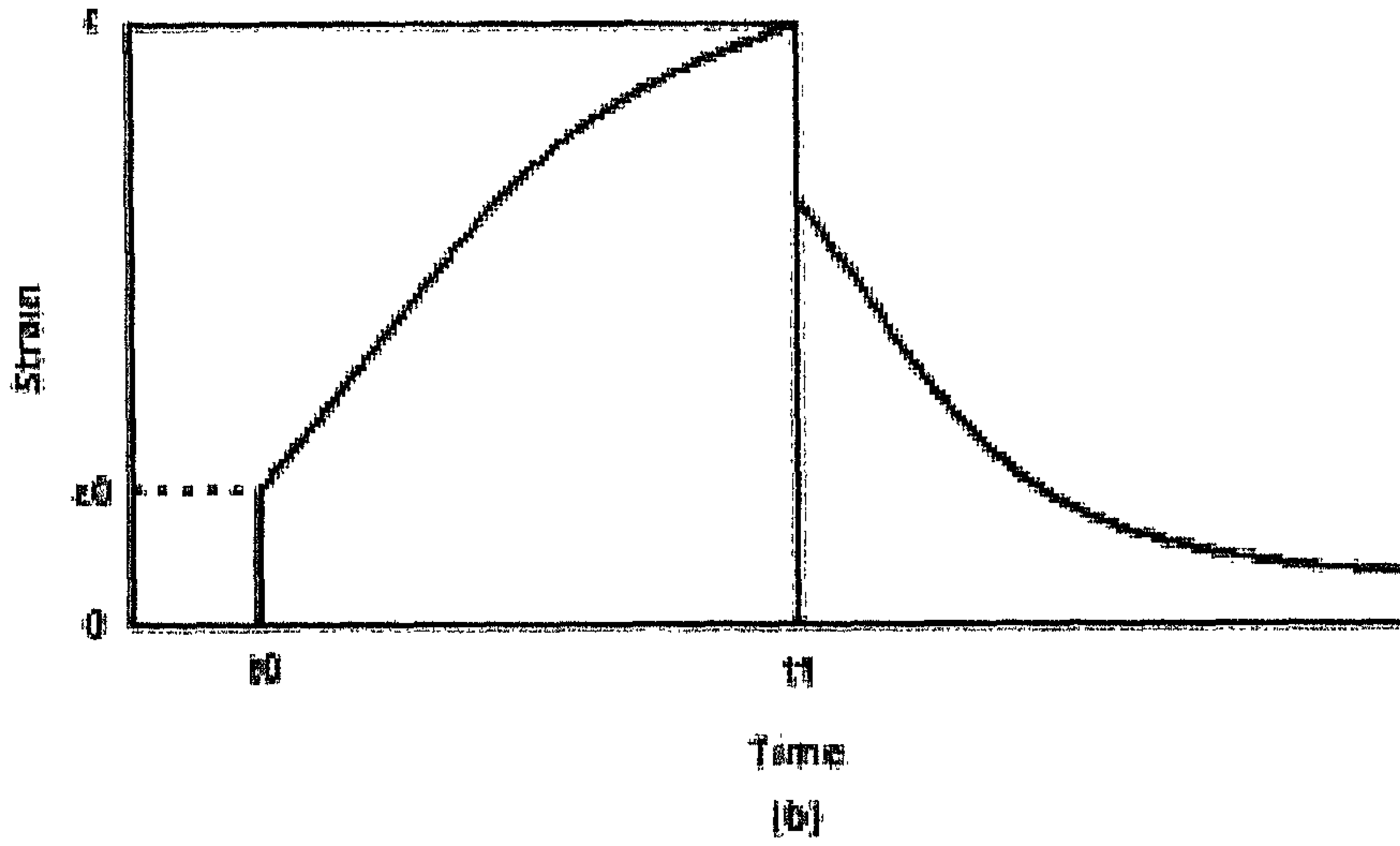




a) and induced strain (b) as functions of time over an extended) Applied stress viscoelastic material period for a



(a)

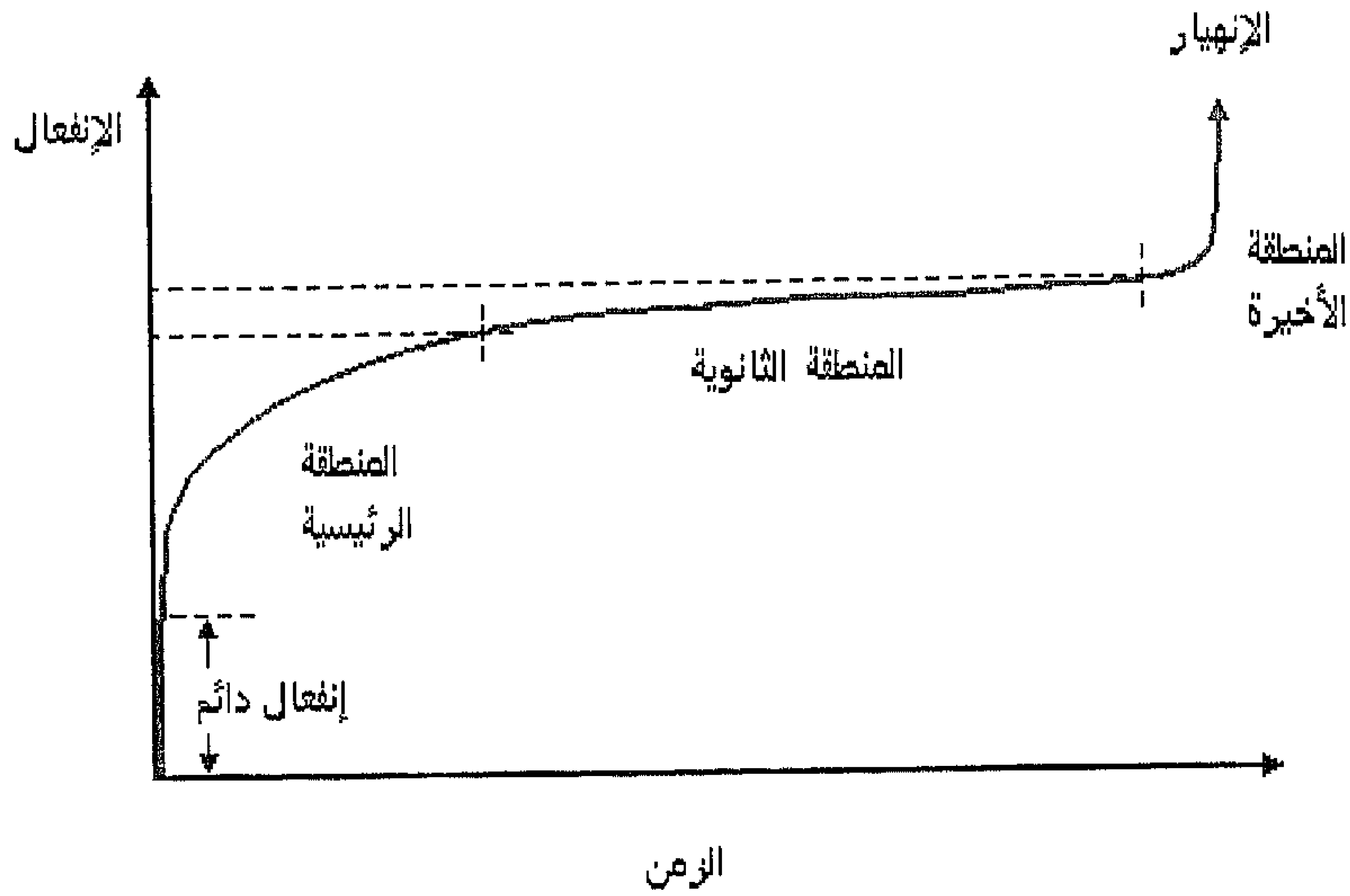


(b)

تجربة قياس الزحف

تجرى هذه التجربة بتعريض عينة لإجهاد شد ثابت عند درجة حرارة معينة ثم نقوم بقياس الانفعال الناتج كل فترة زمنية معينة.

من هذه التجربة نحصل على منحنى به ثلاث مناطق توضح عملية الزحف:



1. المنطقة الأولى: ويحدث بها زيادة كبيرة في الانفعال الناتج.

2. المنطقة الثانية: وفيها الانفعال الناتج يزيد بقيمة صغيرة جدا.

3. المنطقة الثالثة: ويحدث فيها زيادة في الانفعال بقيمة كبيرة حتى تحدث عملية الانهيار.

التعب في المعادن

فشل جزء معدني في تحمل ضغط معين ويظهر ذلك في كسر أو تشوه الشكل الخارجي للجزء المعدني، حيث تحصل انزلاقات في بلورات المعدن وتظهر الشقوق الميكروسكوبية التي تؤدي إلى إهتراء الجزء وتمزقه، فقد يفشل جزء معدني ما في تحمل ضغط معين أقل بكثير مما يمكنه تحمله في الأصل.

ويمكن ملاحظة ظاهرة تعب المعادن في محاور الآلات أو في العجلات أو في أعمدة الدفع في السفن أو في أذرع القيادة في السيارات أو في أجسام السفن أو في عوارض السطح في الجسور أو في أجنحة الطائرات ومحركاتها.

استأثرت مشكلة تعب المعادن باهتمام كبير في مجال النقل بعد الحرب العالمية الثانية نتيجة لتزايد الطلب على الطائرات ذات السرعات العالية والحمولات الكبيرة على ارتفاعات عالية، وطرح هذا الأمر على المهندسين من أجل تصميم الجناح والمحرك. وتسمى مقاومة المعدن للتعب قوة التعب التي يجب على مهندسي التصميم أخذها بعين الاعتبار في أثناء التصميم.

نسبة بواسون

تم تسمية نسبة بواسون (بالإنجليزية: Poisson's ratio) نسبة إلى العالم سيمون بواسون وهي النسبة بين الانفعال العرضي إلى الانفعال الطولي عندما يؤثر على العينة إجهاد ضمن حدود المرونة. في العادة عندما تشد المادة في أحد الاتجاهات، فإنها تميل إلى التقلص في الاتجاهين الآخرين، وعلى العكس عندما تضغط المادة في أحد الاتجاهات فإنها تميل إلى أن تتمدد في الاتجاهين الباقيين، وتكون نسبة بواسون (v) هي المقياس لهذا الميل للتمدد والتقلص.

لا يمكن أن تكون نسبة بواسون لأي مادة مستقرة أقل من -1.0 أو أكبر من 0.5، ومعظم المواد تكون نسبة بواسون لها في حدود 0.0 إلى 0.5.

سبب تأثير بواسون

في المستوى الجزيئي للمادة يسبب تأثير بواسون بسبب الحركة البسيطة بين الجزيئات وتمدد الروابط في الشبكة الجزيئية لتتماشى مع الإجهاد المطبق. عندما تتمدد الروابط في اتجاه تطبيق الإجهاد فإنها تتقلص في الاتجاهات الأخرى وبضرب هذا السلوك لعدة ملايين من المرات ضمن الشبكة الجزيئية للمادة تظهر هذه الظاهرة للعيان.

نسبة بواسون لمواد مختلفة

مادة	نسبة بواسون
مطاط	~ 0.50
صلصال مشبع	0.40-0.50
مغنسيوم	0.35
تيتانيوم	0.34
نحاس	0.33
سبائك-الألمنيوم	0.33
صلصال	0.30-0.45
صلب غير قابل للصدأ	0.30-0.31
صلب	0.27-0.30
حديد مطاوع	0.21-0.26
رمل	0.20-0.45
اسمنت	0.20
زجاج	0.18-0.3
رغوة	0.10 to 0.40
فلين	~ 0.00
أوكسيتك	قيمة سالبة

مواد ذات نسبة بواسون سالبة

هناك مواد يطلق عليها أوكسيتك تظهر قيم سالبة لنسبة بواسون. حيث أنها عند خضوعها لإجهاد شد فإن إجهاد القص يكون ذو قيمة موجبة (أي أن مساحة مقطعها العرضي يزداد).

خواص المواد

تعتبر الخواص للمواد هي الصفات والمقاييس التي تتميز بها هذه المواد لكي يمكن استخدامها استخداما صحيحا من ناحية مقوماتها للأحمال والإجهادات والتفاعلات الكيميائية. كما يلاحظ أن بعض المواد الموجودة بالطبيعة تستخدم كما هي مثال لذلك الفحم الحجري والبعض الأخر من هذه المواد يجب تجهيزها واستخلاصها لتحسين خواصها ومن أمثلة ذلك الحديد الذي يستخلص منه الحديد الزهر الخام لإنتاج الصلب وتنقسم خواص المواد إلي:

1- خواص طبيعية : مثل الوزن النوعي والكثافة واللون وقابلية اللحام.

2- خواص كيميائية : مثل مقاومة الصدأ.

3- خواص ميكانيكية : مثل الليونة والمرونة والصلابة.

4- خواص تشغيلية : مثل قابلية القطع علي الماكينات وقابلية الانسياب عند الضغط.

وهناك بعض المعاني الفنية لخواص المواد التي يتوقف عليها صلاحيتها للأغراض الصناعية المختلفة:

- الثقل النوعي : هوا لنسبة بين حجم معين من المعدن إلي نفس وزن هذا الحجم من الماء
- الصلادة : هي قدرة المادة علي مقاومة الخدش والتآكل والتغلغل.
- المرونة : هي قدرة المادة لإلي الرجوع لإلي شكلها الأصلي بعد زوال الحمل المؤثر.
- قابلية السك : وهي مقدرة المادة علي التشكيل إذا وضعت في قالب وضغطت وهي باردة.
- قابلية اللحام : وهي الخاصية التي بها يمكن تكوين جسم واحد من قطعتين من معدن واحد أو معدنين مختلفين وذلك عن طريق ضغطهما.
- قابلية الانصهار.
- قابلية التطاير.

الحديد

الحديد عنصر قلما يوجد في الطبيعة بحالة خالصة ولونه رمادي فاتح ومتانته اقل بكثير مما يقصد بكلمة (حديد (فالحديد المستخدم سبيكة يتكون أغلبها من حديد وبقيتها فلزات من مواد أخري كالمنجنيز والكروم كم يحتوي أيضا علي مواد لا فلزية مثل الكربون والسليكون ومن العوامل الهامة وجود نسبة من الكربون في الحديد لأنه العامل المتحكم في خواص الحديد والمؤثر فيها من حيث قابليته للطرق أو جعله هشا أو سهولة طرقة أو سهولة طرقة.

تقسيم الحديد حسب نسبة الكربون

1- الحديد المطاوع : هو انقي أنواع الخامات الحديدية وتصل نسبة الكربون به من 0.04٪ إلي 0.25٪ وهو أكثر المعادن الحديدية قابليه للطرق والسحب.
2- الصلب : تصل نسبة الكربون في الصلب من 0.15٪ إلي 1.5٪ وقد تصل إلي 2. %
3- الحديد الزهر : تصل نسبة الكربون به من 2٪ إلي 4.5٪ ولا يمكن تشكيله تشكيلا لدنا ويصعب لحامه ويقتصر تشكيله بالسباكة وذلك بصهره وسبكه في قوالب.

الحديد الزهر الخام: هو الحديد الناتج من الحديد الخام بعد صهره في الفرن العالي ومن النادر استخدامه . ولا يمكن تشكيلة لدنا ويصعب لحامه ويقتصر تشكيله بالسباكة.

خواص الحديد الزهر:

1- أقل أنواع الحديد نقاء.
2- خفيف وهش ولا يمكن سحبة.
3- يتحمل الضغط الشديد.
4- يمتاز بخاصية امتصاص الصدمات.

الصلب

يمكن تقسيم الحديد الصلب حسب نسبة الكربون إلي ثلاث أنواع:

1- **الصلب منخفض الكربون :** ويحتوي علي 0.15٪ إلي .3.٪ كربون.

خواصه : طري ويسهل تشكيلة ولحامه لا يستجيب إلي المعاملة الحرارية إلا أنه يمكن تصليدة تصليدا سطحيا بعملية تسمي عملية التغليف.

استعماله: في صناعة الألواح التي يصنع منها المراجل كما يستعمل في أشغال الكباري.

2- **الصلب المتوسط الكربون :** يحتوي علي 0.3٪ إلي 0.7٪ من الكربون.

خواصه : أنشف من الصلب الطري وقابل للتمغنط قابل للمعاملات الحرارية.

استعماله: يستعمل في صناعة محاور العجلات وفي صناعة المواسير والأسلاك والمطارق.

3- **الصلب العالي الكربون :** يحتوي علي نسبة كربون من 0.7 %إلي 1.5.%

خواصه: أصلد أنواع الصلب الكربوني ومقاوم للتآكل وقابل للتمغنط وقابل للمعاملات الحرارية.

استعماله: يصنع منه اليايات وأسلحة القص والأزميل والأجن وقوالب الكبس والسبائك وعدد النجارة كما تصنع من الأنواع التي تزيد فيها نسبة الكربون علي 1.1 عدد القطع وتشكيل المعادن.

المعادن الغير حديدية

من المعادن الحديدية المستعملة بنطاق واسع في الصناعة النحاس والألمونيوم والقصدير والزنك والرصاص وذلك للميزات الآتية:

جودة التوصيل الكهربي والحراري ومقاومة الصدأ وخفة الوزن وقابلية التشغيل علي الماكينات وقابلية التشكيل بالصب والدرفلة والسحب.

النحاس

خواص النحاس:

- معدن لين ذو لون أحمر وردي.
- أقل صلابة من الحديد.
- يقاوم التآكل والصدأ.
- يقبل الاختلاط بالمعادن ألآخري............

استعماله:

- يستخدم في صناعة مواسير الغلايات.
- يستخدم في عملية الطلاء الكهربي.
- يدخل في كثير من السبائك.............

الزنك

خواص الزنك:

- لونه أبيض ضارب للزرقة.
- اشد نشوفه من القصير وأطري من النحاس.
- يقاوم التأكسد والتآكل.........

استعماله:

- يدخل في صناعة البطاريات الجافة.
- يدخل في كثير منت السبائك المعدنية.
- يستعمل أكسيد الزنك كمادة للدهان......

معامل يونك

معامل المرونة (Elastic Modulus or Modulus of Elasticity) يسمى أيضا معامل يونگ (Young's Modulus) هو ميل الجزء الأولى المستقيم في منحنى الإجهاد والانفعال. ويقتصر على المواد الصلبة فقط وهو نسبة الإجهاد إلى الانفعال ، وحدة معامل يونج (ي) هي: نيوتن / م2

معامل يونگ سُمي على اسم توماس يونگ، العالم البريطاني من القرن الثامن عشر. إلا أن المفهوم كان قد طوره في 1727 ليونهارد اويلر، وأول التجارب التي استخدمت مفهوم معامل يونگ بصيغته الحالية أجراها العالم الإيطالي جوردانو ريكاتي في 1782 - قبل أبحاث يونگ بخمس وعشرون سنة.[1]

حساب معامل يونك

معامل يونگ، E، يمكن حسابه بقسمة جهد الشد على انفعال الشد:

$$E \equiv \frac{\text{tensile stress}}{\text{tensile strain}} = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F/A_0}{\Delta L/L_0} = \frac{FL_0}{A_0\Delta L}$$

حيث

E is the معامل يونگ (معامل المرونة) measured in pascals؛

F is the force applied to the object؛

A_0 is the original cross-sectional area through which the force is applied؛

ΔL is the amount by which the length of the object changes؛

L_0 is the original length of the object.

[تحرير] القوة المبذولة بمادة مشدودة أو مضغوطة

can be used to calculate the force it exerts under a معامل يونگ للمادة .specific strain

$$F = \frac{EA_0 \Delta L}{L_0}$$

where F is the force exerted by the material when compressed or stretched by ΔL.

From this formula can be derived Hooke's law ،which describes the stiffness of an ideal spring :

$$F = \left(\frac{EA_0}{L_0}\right) \Delta L = kx$$

where

$$k = \frac{EA_0}{L_0}$$

$$x = \Delta L$$

طاقة الجهد المرن

stored is given by the integral of this potential energy elastic The :L respect to expression with

$$U_e = \int \frac{EA_0 \Delta L}{L_0} \, dL = \frac{EA_0 \Delta L^2}{2L_0}$$

where U_e is the elastic potential energy .

The elastic potential energy per unit volume is given by :

.the material is the strain in $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$ where ،$\frac{U_e}{A_0 L_0} = \frac{E \Delta L^2}{2L_0^2} = \frac{1}{2} E \varepsilon^2$

This formula can also be expressed as the integral of Hooke's law :

$$U_e = \int kx\,dx = \frac{1}{2}kx^2$$

القيم التقريبية

معامل يونگ قد تغير قيمته بسبب اختلاف تركيب العينة وطريقة الاختبار. القيم المعطاة هنا هي تقريبية.

معامل يونگ التقريبي لمختلف المواد الصلبة

(E) in معامل يونگ (psi)lbf/in²	معامل يونگ PaG(E) in	المادة
1,500-15,000	0.01-0.1	مطاط (small strain)
75000	0.5	PTFE (تفلون)
30,000	0.2	Low density polyethylene
200000	1.379	HDPE
217,000-290,000	1.5-2	Polypropylene
150,000-435,000	1-3	Bacteriophage capsids
290,000-360,000	2-2.5	Polyethylene terephthalate
435,000-505,000	3-3.5	Polystyrene
290,000-580,000	3-7	نايلون
1,600,000	11	Oakخشب (along grain)
1,300,000	8.963	Pineخشب (along grain)
530,000	3.654	(wood composite) MDF
4,350,000	30	خرسانة عالية القوة (تحت الضغط)
6,500,000	45	مغنسيوم معدن (Mg)
10,000,000	69	سبيكة ألومنيوم
9,400,000-13,000,000	65-90	زجاج (see also diagram below table)

Brass وبرونز	103-124	17,000,000
تيتانيوم (Ti)	105-120	15,000,000-17,500,000
نحاس (Cu)	110-130	16,000,000-19,000,000
بلاستيك مقوي بألياف الكربون (50/50 fibre/matrix, unidirectional, along grain)	125-150	18,000,000 - 22,000,000
حديد مطاوع وصلب	190-210	30,000,000
بريليوم (Be)	287	41,500,000
تنگستن (W)	400-410	58,000,000-59,500,000
كربيد السليكون (SiC)	450	65,000,000
اوزميوم(Os) [2]	550	
كربيد التنگستن (WC)	450-650	65,000,000-94,000,000
[1] Single carbon nanotube	1,000+	145,000,000+
ألماس (C)	1,050-1,200	150,000,000-

مقاومة الشد

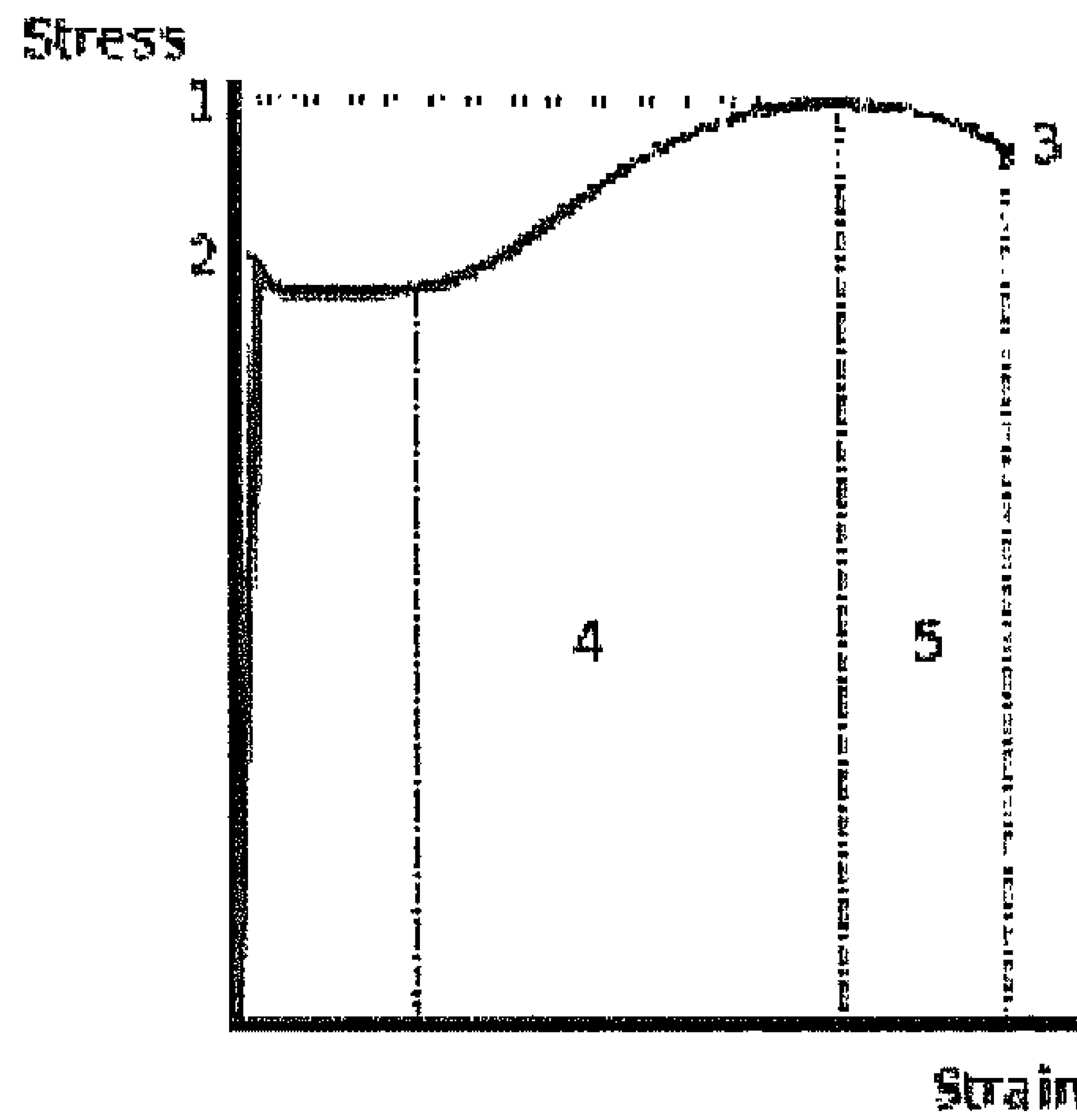
مقاومة الشد (Tensile Strength) وتسمى أيضا مقاومة الشد القصوى (Ultimate Tensile Strength) وهى من خواص الشد وهى أعلى قيمة للإجهاد (الإجهاد الهندسى) في منحنى الإجهاد والانفعال وتساوى أعلى حمل شد تحملته العينة أثناء اختبار الشد مقسوما على مساحة المقطع الأولية. وتقاس مقاومة الشد ب كجم/ مم2 أو نيوتن/ مم2 (= مليون بسكال) أو رطل/ بوصة2 أو كيلو رطل/ بوصة2

الخضـــوع

مقاومة الخضوع (Yield Strength) هي الإجهاد اللازم لإحداث كمية صغيرة ومحددة من التشوه اللدن ، وبناءا علي كمية التشوه اللدن المعتبرة أثناء القياس اتفق علي نوعين أو معيارين للخضوع وهما مقاومة خضوع متجاوزة (تنطق بكسر الواو) أو مكافئة ومقاومة خضوع عند تمدد إجمالي. وهى من خواص الشد وتقاس مقاومة الخضوع ب كجم/ مم2 أو نيوتن/ مم2 (= مليون بسكال) أو رطل/ بوصة2 أو كيلو رطل/ بوصة2 .

منحنى الإجهاد

بالنسبة للمواد اللدنة Ductile Materials



حيث:

(1) الإجهاد الأقصى Ultimate Strength: وهو أقصى إجهاد يمكن أن تتحمله المادة..

(2) إجهاد الخضوع Yield Strength: وهو الإجهاد الذي تبدأ عنده عملية التشكل البلاستيكي Plastic Deformation بمعنى أن المادة لا تعود إلى أبعادها الأصلية حتى بعد رفع الحمل عتها

(3) نقطة الكسر Rupture: وهي النقطة التي تنكسر عندها المادة وذلك بعد بلوغها أقصى استطالة ممكنة وتكون قيمة الإجهاد عندها أقل بقليل من الإجهاد الأقصى

(4) هذه المنطقة تسمى منطقة التقسية بالانفعال Strain hardening region

(5) هذه المنطقة تسمى منطقة تكون الرقبة Necking region

بالنسبة للمواد الهشة

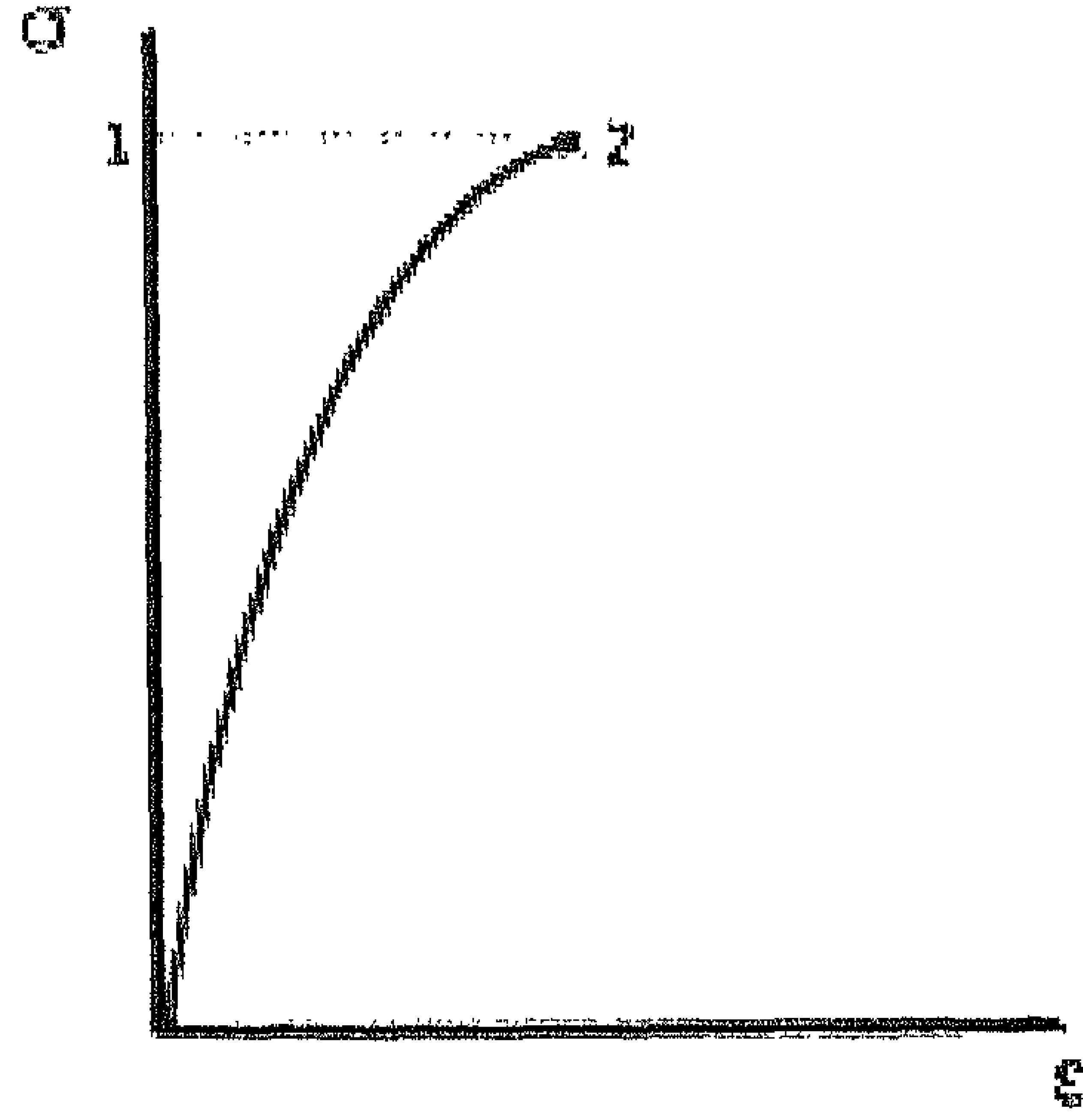
حيث:

(1) مقاومة الشد

(2) نقطة الكسر Rupture

يلاحظ أن هذه المواد ليس لها نقطة خضوع Yield Point ولا تستطيل كثيرا كثيرا

منحنى الإجهاد-الإنفعال - Stress-Strain Curve هو منحنى يوضح العلاقة بين الإجهاد والإنفعال للمواد المختلفة. يتم رسم هذا المنحنى عن طريق إجراء اختبار شد لعينة من المادة......



اختبار الشد

اختبار الشد (Tensile Test) هو أحد أهم الاختبارات الميكانيكية التى تجرى على المواد المختلفة ، ويتم إجراؤه للأسباب الآتية:

- تستخدم خواص الشد لاختيار المواد المناسبة للتطبيقات الهندسية
- تستخدم نتائج الاختبار للمفاضلة بين المواد المختلفة أو ظروف التصنيع المختلفة أثناء القيام بتطوير أساليب تصنيع جديدة أو مواد جديدة
- تستخدم خواص الشد أحادى المحور للتنبؤ بسلوك المواد إذا وضعت تحت تأثير أحمال غير أحادية المحور وبالتالي توفر القيام باختبارات أكثر تعقيدا
- خواص الشد من أهم الخواص الدائم إدراجها في المواصفات القياسية للمواد وبالتالى تختبر المواد عند شرائها طبقا لهذه الخواص

خواص الشد

• **مقاومة المادة:**

سواء أكانت هي الإجهاد اللازم لإحداث كمية محددة من التشوه اللدن (مقاومة الخضوع) أو أقصى إجهاد يمكن للمادة تحمله (مقاومة الشد) ، فمقاومة المادة تبعا لهذين المعيارين لها تطبيقات كبيرة في التصميم الهندسي

• **مطيلية المادة:**

وهى مقياس لكمية التشوه التي تتحملها المادة قبل الكسر . نادرا ما تستخدم المطيلية بشكل مباشر في التصميم الهندسي ولكنها تذكر في المواصفات القياسية للمواد لضمان المتانة والجودة

• خواص المرونة مثل معامل المرونة تقاس أيضا من اختبار الشد

كيفية إجراء اختبار الشد

لتحديد خواص الشد لأى مادة لا بد من إجراء اختبار الشد على عدد من العينات (ثلاث عينات مثلا) المأخوذة من المادة المطلوب اختبارها ، ويجرى الاختبار لكل العينات وتستبعد القيم الشاذة ويحسب متوسط القيم المقبولة والحسابات الإحصائية مثل حسابات الشك وغيرها طبقا لمواصفة الشد المتبعة أثناء الاختبار ، وقد تؤخذ احتياطات أخرى عند القيام بالاختبار أو عند معالجة النتائج تبعا للمواصفة المتبعة ، وفيما يلى سنوضح خطوات الاختبار الأساسية الواردة في كل المواصفات المعنية باختبار شد المواد الفلزية وهى مأخوذة بتصرف واختصار من المواصفة ASTM E8M ، وتُتبع الخطوات الآتية بعد قطع وتشغيل العينة طبقا للأبعاد والشكل المطلوبين في المواصفة:

(1) افحص العينة بالنظر بحثا عن أي عيوب أو خدوش أو شروخ ظاهرة أو أي حزوز عميقة أو عيوب تشغيل مثل عدم تماثل التشغيل على طول أو مقطع العينة أو غير ذلك ، فسطح العينة لا بد أن يكون خاليا من العيوب الظاهرة ومتواز وذو مقطع منتظم على طول المعيار .

(2) قس مساحة المقطع وسجلها وكرر القياس لكل العينات ، فلا تعتبر أن العينات متطابقة في أبعادها .

(3) عَلّم بحرف حاد طول المعيار على سطح العينة وليكن مثلا 50 مم (طبقا للمواصفة ASTM E8M) ، فهذا العلام سيستخدم لحساب نسبة الاستطالة بعد الكسر.

(4) صفّر (اجعله صفرا) عدَّاد قياس الحمل (قوة الشد) وكذلك مؤشر الرسم قبل تثبيت عينة الشد في الماكينة ، ويجب ألا يعاد التصفير بعد تثبيت العينة لأن ذلك سيؤدى إلى خطأ في النتائج.

(5) ثبت العينة في مقابض الماكينة.

(6) صفّر مقياس الاستطالة ثم ركبه على العينة ، ثم صفّر عدَّاد قياس الانفعال بعد ذلك.

(7) ابدأ الاختبار بتحميل العينة تدريجيا.

(8) لاحظ الاختبار عن قرب وكن مستعدا لأي مشكلات يمكن أن تحدث أثناء الاختبار.

(9) يستمر الاختبار حتى تنكسر العينة.

(10) غالبا ما تظهر الماكينات الحديثة نتائج الاختبار تلقائياً بعد الكسر ، إذا كانت أبعاد العينة قد أدخلت للماكينة قبل الاختبار وبعده. أما إذا كانت الحالة خلاف ذلك فالماكينة ستخرج قيم الحمل والاستطالة مرسومين في منحنى أو قيم مجدولة، فقم بحساب خواص الشد من منحنى الحمل والاستطالة كالآتي:

الإجهاد:

يحسب بقسمة الحمل على مساحة المقطع الأولية ويسمى الناتج بالإجهاد الهندسي (تختلف قيمته عن الإجهاد الحقيقى).

الانفعال:

يحسب بقسمة الاستطالة على الطول الأولى للمعيار، ويسمى الانفعال الهندسي (تختلف قيمته عن الانفعال الحقيقي)

يمكن رسم منحنى الإجهاد والانفعال الهندسيين بناءا على القيم السابق حسابها.

مقاومة الشد هي أعلى قيمة للإجهاد في منحنى الإجهاد والانفعال.

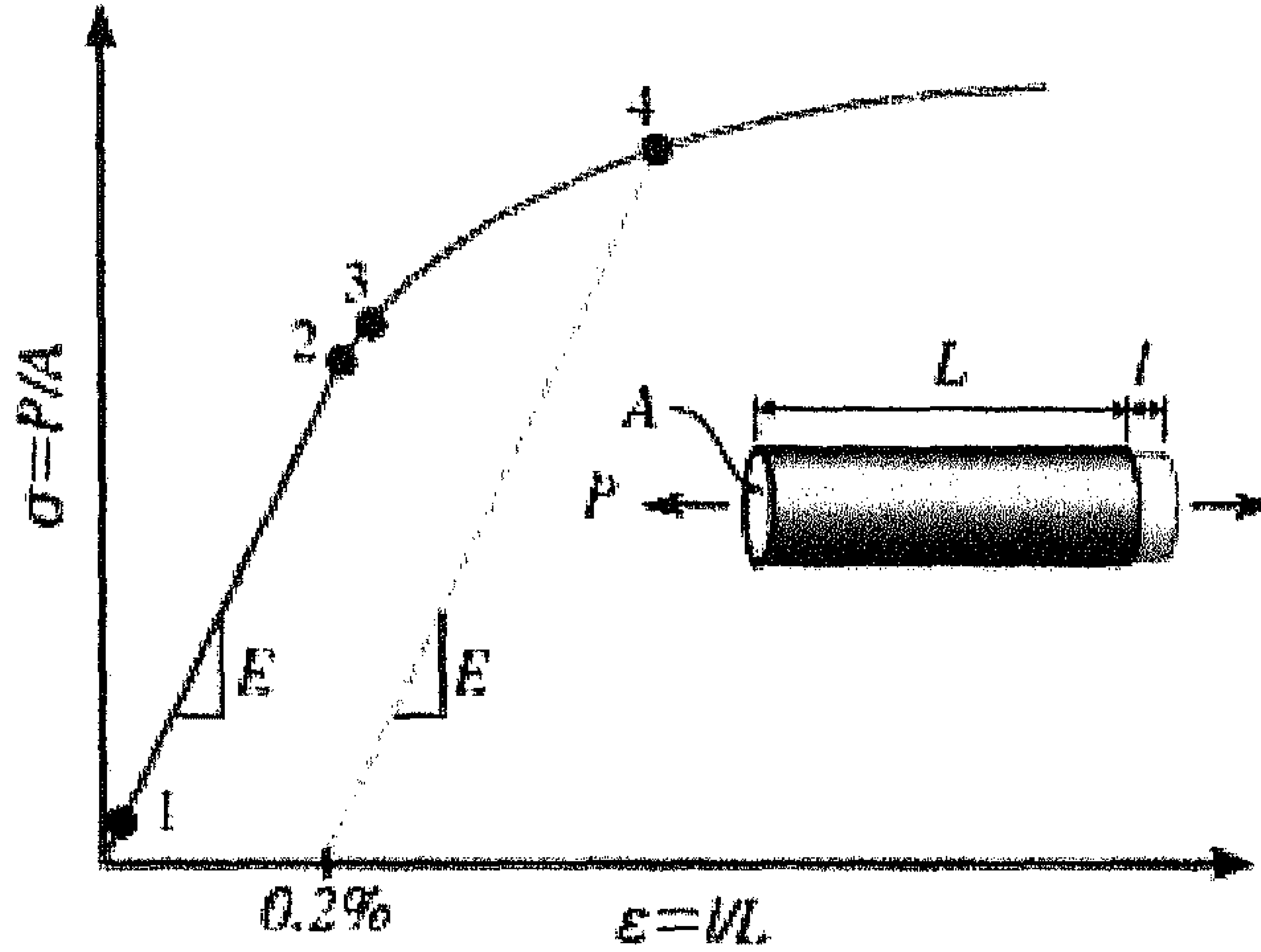
تعين مقاومة الخضوع حسب معيار الخضوع المطلوب مقاومة خضوع متجاوزة (تنطق بكسر الواو) ومقاومة خضوع عند تمدد إجمالى) من المنحنى.

تحسب قيم المطيلية وهى (نسبة الاستطالة ونسبة انخفاض المساحة) على العينة بعد الكسر.

يحسب معامل المرونة من ميل الجزء الأولى المستقيم من المنحنى.

مقاومة الخضوع

مقاومة الخضوع (Yield Strength) هى الإجهاد اللازم لإحداث كمية صغيرة ومحددة من التشوه اللدن ، وبناءا علي كمية التشوه اللدن المعتبرة أثناء القياس إتفق علي نوعين أو معياريين للخضوع وهما مقاومة خضوع متجاوزة (تنطق بكسر الواو) أو مكافئة ومقاومة خضوع عند تمدد إجمالي. وهى من خواص الشد وتقاس مقاومة الخضوع ب كجم/ مم2 أو نيوتن/ مم2 (= مليون بسكال) أو رطل/ بوصة2 أو كيلو رطل/ بوصة2 .



سلوك الخضوع النمطي للسبائك غير الحديدية.

مقاومة خضوع متجاوزة (تنطق بكسر الواو) (Offset Yield Strength) تعين من منحنى الإجهاد والانفعال ، وذلك بإنشاء خط مستقيم مواز للجزء المستقيم من المنحنى ومزاح عنه غالبا بمقدار 0,002 أو 0,2 ٪ علي محور الانفعال (قد تستخدم قيم أخري للإزاحة علي محور الانفعال في بعض المواصفات مثل 0,001 أو 0,1 ٪) ، ومقاومة الخضوع في هذه الحالة هي الإجهاد الذي يتقاطع فيه الخط مع منحنى الإجهاد والانفعال

وتعني أن مقاومة الخضوع هي الإجهاد اللازم لإحداث كمية 0,2 ٪ من الانفعال اللدن. وتمتاز هذه الطريقة بالسهولة والدقة حتى مع تكرار القياس وهى أكثر شيوعا من مقاومة الخضوع عند تمدد إجمالى . وتقاس مقاومة الخضوع ب كجم/ مم2 أو نيوتن/ مم2 (= مليون بسكال) أو رطل/ بوصة2 أو كيلو رطل/ بوصة2 .

المطيلية

المطيلية (Ductility) هي مقياس لكمية التشوه التى تتحملها المادة قبل الكسر ، ولها معياران يمكن تحديدهما من اختبار الشد وهما نسبة الاستطالة ونسبة انخفاض المساحة. وهى من خواص الشد

المتانــــة

في علم المواد والميتالورجيا، المتانة Toughness هي مقاومة المادة للتشقق fracture عندما تُجهَد. وتُعَرَف بأنها كمية الطاقة لوحدة حجم التي يمكن للمادة امتصاصها قبل أن تتمزق rupturing، ويمكن الحصول عليها بحساب المساحة (أي، بإجراء تكامل) تحت منحنى الإجهاد-الإنفعال.

المتانة تُقاس بوحدات جول لكل متر مكعب (ج/ م^3) في نظام SI ورطل-قوة لكل بوصة مكعبة (أحياناً يُعبر عنها كالتالي: in-lbf/in^3) في الوحدات الأمريكية الخاصة.

ولكن هذه الطريقة صعبة وغير عملية ولذلك يستعاض عنها باختبار الصدم ومن خلاله تعين متانة الصدم وتقاس بالجول أو رطل-قدم.

الكثافة

الكثافة (بالإنجليزية: Density) وأحياناً تسمى الكتلة الحجمية هي صفة فيزيائية للأجسام تعبر عن علاقة وحدة الحجم لمادةٍ أو جسمٍ ما بوحدة الكتلة خاصته ، فكلما ازدادت الكثافة ازدادت الكتلة لوحدة الحجوم . والكثافة لجسم تساوي كتلته الكلّية مقسومة على حجمه الكلي ورياضيا يعبر عن الكثافة بالعلاقة:

كثافة = كتلة \ حجم

حيث كثافة هى كثافة المادة (وحدتها كغ\م^3 عادة).

كتلة هي الكتلة (بالكيلوجرام عادة).

حجم هو الحجم (بالمتر المكعب عادة).

تتأثر الكثافة بالحرارة والضغط ، فعندما تتمدد الأجسام بفعل الحرارة فإن كثافتها تقل وعندما تنضغط بفعل الضغط (الأمر الملاحظ في الغازات على وجه الخصوص) فإن كتلتها الحجمية تزداد ، ولذلك تسجل الكثافة عادة عند درجة الحرارة وقياس الضغط القياسيين.

تقاس الكثافة أيضا ب(غ\سم^3) وذلك عند قياس الكتلة بالغرام والحجم بالسنتمتر المكعب. حيث كل 1 غ\سم^3 يعادل 1000 كغ\م^3

اختبار المواد

materials testing هو قياس خصائص المواد وسلوكها في شروط شتى، وتفيد النتائج المستخلصة من هذا القياس في تحديد المواد وصفاتها المميزة في مختلف الاستعمالات. يمكن أن يُجرى الاختبار على نموذج مصغر للآلة أو المادة، وقد يستعاض

عن ذلك ببناء نموذج رياضي بالاعتماد على خصائص المادة وسلوكها المعروفين مسبقاً للتنبؤ بقدرات النموذج.

وطبعا أهم خصائص المادة التي يجب تحديدها للمهندس هي :-

1- stafiness :- الجساءة : مقاومة الجسم للتشكل تحت تأثير الحمل ويقال للجسم الذي له جساءة عالية rigid body أي يخاف على إبعاده

2- tougness ؛- الصلابة : مقاومة المعدن لظهور الشروخ فيها creep .

3- hardness؛ الصلادة :- قدرة المعدن على مقاومة الشروخ. وغيرها من الخصائص كالضغط .

الشد الاستاتيكي (static tension)

الاستطالة أو الشد بمعنى أن أي جسم عندما يتعرض لقوة شد محورية فإنه يحدث له استطالة أو تمدد في الطول بمقدار ما طبعا هذه القيمة تختلف من معدن لآخر حسب خصائص وصفات المعدن لذلك كان يلزمنا تحديد خصائص كل مادة للاستفادة منها في التصميم بشكل عام .ومن وجهة نظر أساتذتنا انه لا توجد مميزات أو عيوب للمادة في الهندسة إنها لكل مادة خصائص يجب الاستفادة منا حسب الحاجة فأحيانا نحتاج الى مواد لدنة ومرات أخرى مواد تتحمل الاجهادات وهكذا ....

المهم ينتج من شد أي مادة : الإجهاد stress:-

وهو القوة المؤثرة على وحدة المساحات P=F/A

الانفعال : strain هو استجابة الجسم النسبية للإجهاد المؤثر.

الانفعال الطولي هو التغيير في الطول بالنسبة للطول الأصلي. e=l2-l1/l1 معامل المرونة E modulus of elasticity إذا ثبت سلك من أحد طرفيه وجذب من الطرف الآخر بقوة F عمودية على مساحة مقطعه A0 وزاد طوله الأصلي L0 بمقدار ΔL فأن معامل يونج ويرمز له بالرمز Y ويعرف بأنه النسبة بين الإجهاد والانفعال ويعطى بالعلاقة الآتية:

$$Y \equiv \frac{\text{tensile stress}}{\text{tensile strain}} = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F/A_0}{\Delta L/L_0} = \frac{FL_0}{A_0\Delta L}$$

حيث

E is the معامل يونگ (معامل المرونة) measured in pascals؛ F is the force applied to the object؛ A0 is the original cross-sectional area through which the force is applied؛ ΔL is the amount by which the length of the object changes؛ L0 is the original length of the object

كل مادة لها ما يسمى المطولية ductile يتم تحديدها عن طريق معامل معامل المرونة modulus of elasticity وفيها يتم وصف سلوك المادة التي سنشرحها تاليا، المهم نعرف أهم فايدة E إذا كانت كبيرة يعني الجساءة عالية أي صعب التشكل بالتالي التمدد يكون صغير فيه جا أما إذا كانت E صغيرة يعني الجساءة صغيرة أي سهلة التشكل والتمدد يكون كبير

انواع المعادن من حيث تأثرها بالاجهادات

- المعادن المطلية ductile martial :

إذا تعرض قضيب من الصلب الطري (معدن مطيل) إلى حمل شد يتزايد تدريجياً فإنه يحدث بالقضيب استطالة تتزايد مع التحميل. فإذا قيست بدقة قيمة الحمل المؤثر والاستطاعة المقابلة له فإننا نجد أن الحمل والاستطاعة متناسبان وذلك من بداية التحميل حتى حمل معين على منحى الحمل والاستطاعة وإذا استمر في التحميل فإن الاستطاعة تزداد بسرعة حتى تحدث استطالة كبيرة ذات قيمة ملحوظة وتستمر الاستطالة في الزيادة مع ثبوت الحمل وتسمى هذه الحالة خضوع المعدن . ويحدث الخضوع في المعدن إذا اتسعت المسافات بين ذرات جزيئاته لدرجة تكسر ارتباط الذرات مما يسبب تغير في الوضع بين الذرات بعضها البعض أي تغير في خطوط تشابكها وذلك يكون مصحوباً بانزلاق على مستوى داخل الجزيئات وهي المستويات الضعيفة في التماسك خلال الجزيئات . وتتوقف هذه المستويات على كيفية ترتيب الذرات بالشبكة الحيزية للجزيئات وهذا الترتيب يختلف من معدن لآخر .

وينتج من انزلاق جزيئات المعدن على بعضها البعض استطالة كبيرة .مثل mild steal الصلب الطري

- المعادن القصفة brittle mettel :

عند تعرض هذا النوع من المعادن إلى حمل شد يزداد تدريجياً فإنه يلاحظ عدم تواجد تناسب بين الحمل والاستطالة كما لا توجد منطقة خضوع مث cast iron حديد الزهر .

- **المعادن نصف المطلية ductil matrial sami :**

إذا تعرض قضيب من الصلب إلى حمل شد يزداد تدريجياً فإن منحى الحمل والاستطالة يشبه منحى المعادن المطلية إلا أنه لا يوجد به منطقة خضوع مثل high tensile steal .

- **خواص المرونة مثل معامل المرونة تقاس أيضا من اختبار الشد**

خواص الشد من منحنى الحمل والاستطالة كالآتي:

الإجهاد : يحسب بقسمة الحمل على مساحة المقطع الأولية ويسمى الناتج بالإجهاد الهندسي (تختلف قيمته عن الإجهاد الحقيقي).

الانفعال: يحسب بقسمة الاستطالة على الطول الأولى للمعيار، ويسمى الانفعال الهندسي (تختلف قيمته عن الانفعال الحقيقي)

يمكن رسم منحنى الإجهاد والانفعال الهندسيين بناءا على القيم السابق حسابها. مقاومة الشد هى أعلى قيمة للإجهاد في منحنى الإجهاد والانفعال. تعين مقاومة الخضوع حسب معيار الخضوع المطلوب مقاومة خضوع متجاوزة (تنطق بكسر الواو) ومقاومة خضوع عند تمدد إجمالي) من المنحنى. تحسب قيم المطيلية وهى (نسبة الاستطالة ونسبة انخفاض المساحة) على العينة بعد الكسر. يحسب معامل المرونة من ميل الجزء الأولى المستقيم من المنحنى.

ماكينة اختبار شاملة

ماكينة الاختبار الشاملة (Machine Universal Testing) هي ماكينة الاختبار التي يمكن أن تختبر المواد بالشد أو الضغط أو الثني، ويوجد منها نوعان ماكينات كهروميكانيكية وماكينات هيدروليكية. تمتاز الماكينات الكهروميكانيكية بقدرتها على الاختبار في مدى كبير من السرعات وقدرتها كذلك على تحقيق إزاحات كبيرة بين فكي الماكينة، أما الماكينات الهيدروليكية فتمتاز برخص تكلفتها مع قدرتها على توليد قوة اختبار كبيرة.

الخواص الميكانيكية والفيزيائية للصخور

أولا: الخواص الفيزيائية

تتلخص الخواص الفيزيائية للصخور في:

1- المسامية

و هي نسبة حجم الفراغات في عينة ما إلى الحجم الكلى للعينة.

وتعتمد المسامية على عدة عوامل منها شكل الحبيبات وحجمها وكيفية ترتيبها ودرجة الانضغاط وصلادة الجسم، فمثلا تزداد المسامية بزيادة الشقوق والفواصل في الصخر.

2- المحتوى المائي

وهو عبارة عن النسبة بين وزن الماء الموجود داخل فجوات العينة إلى وزن المادة الصلبة الجافة في العينة.

3- الوزن النوعي

هو وزن حجم معين من المادة الصخرية الو وزن نفس الحجم من الماء.

4- الكثافة

وهى عبارة وزن وحدة حجم معين من المادة المعدنية الصلبة المكونة للصخر.

5- النفاذية

هي قابلية مرور الماء عبر الصخر من خلال فجواته التي يتصل بعضها ببعض.

و تتوقف النفاية على عدة عوامل منها درجة لزوجة السائل، درجة الحرارة، حجم الفراغات، انحدار العينة.

6- متانة الصخر

يقصد بها مدى مقاومة الصخر للظروف والعوامل الطبيعية التي تحيط به مثل الأمطار التي تؤثر على الصخور الجيرية فتؤدى إلى إذابتها وعمل بعض الفجوات بها مما يؤدى إلى الكثير من المشاكل الجيولوجية مثل انهيار الطرق والمباني.

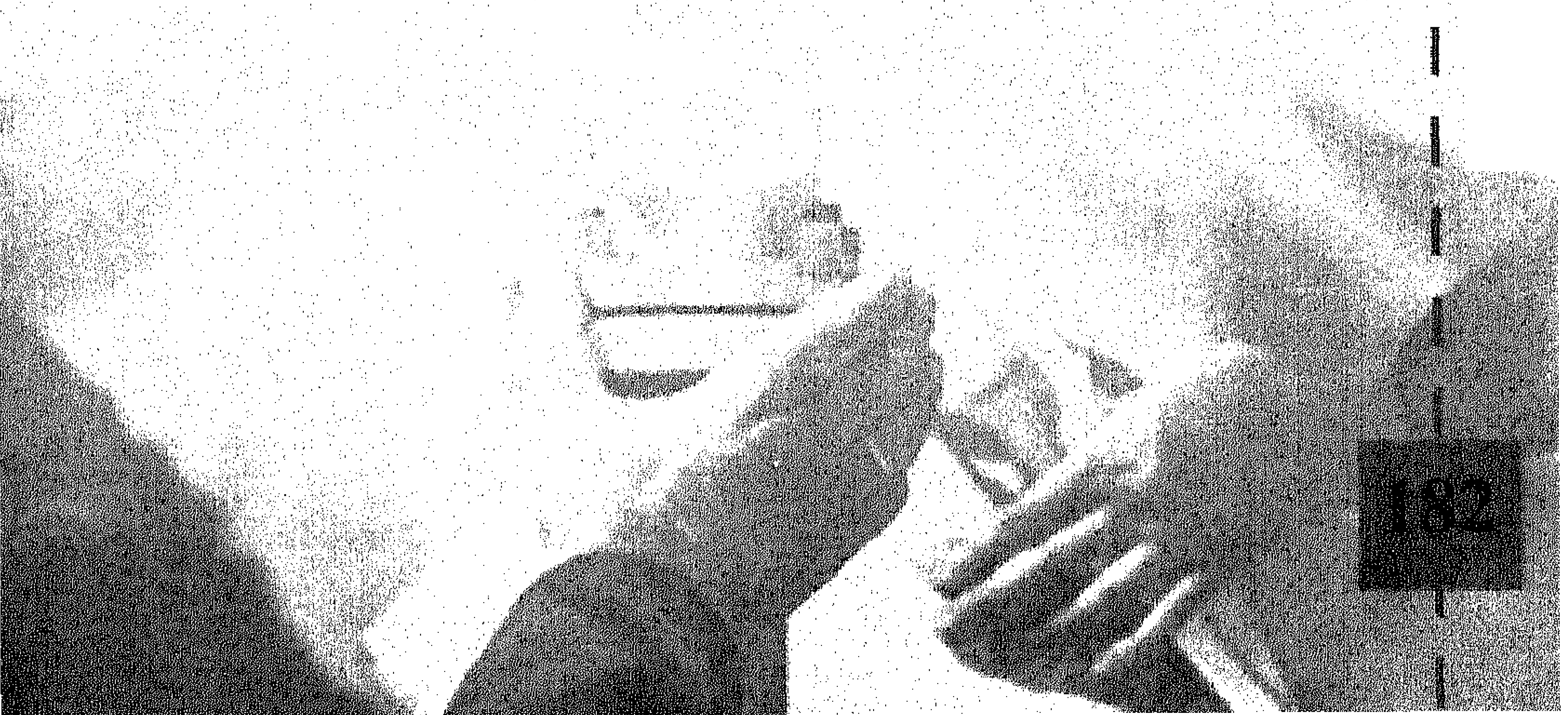
5

الوحدة الخامسة

الخواص الكهربائية للمواد

Electrical properties of materials





الخواص الكهربائية للمواد

مقدمة

تعتبر الكهرباء من أهم وسائل الحصول على الطاقة، والكهرباء هي طاقة مفيدة نستخدمها للتدفئة والإنارة في أماكن سكننا وعملنا، وهي تشغل المحركات، لذا نستخدمها لإنتاج الحركة في آلة الغسيل وآلة التنظيف الكهربائية .

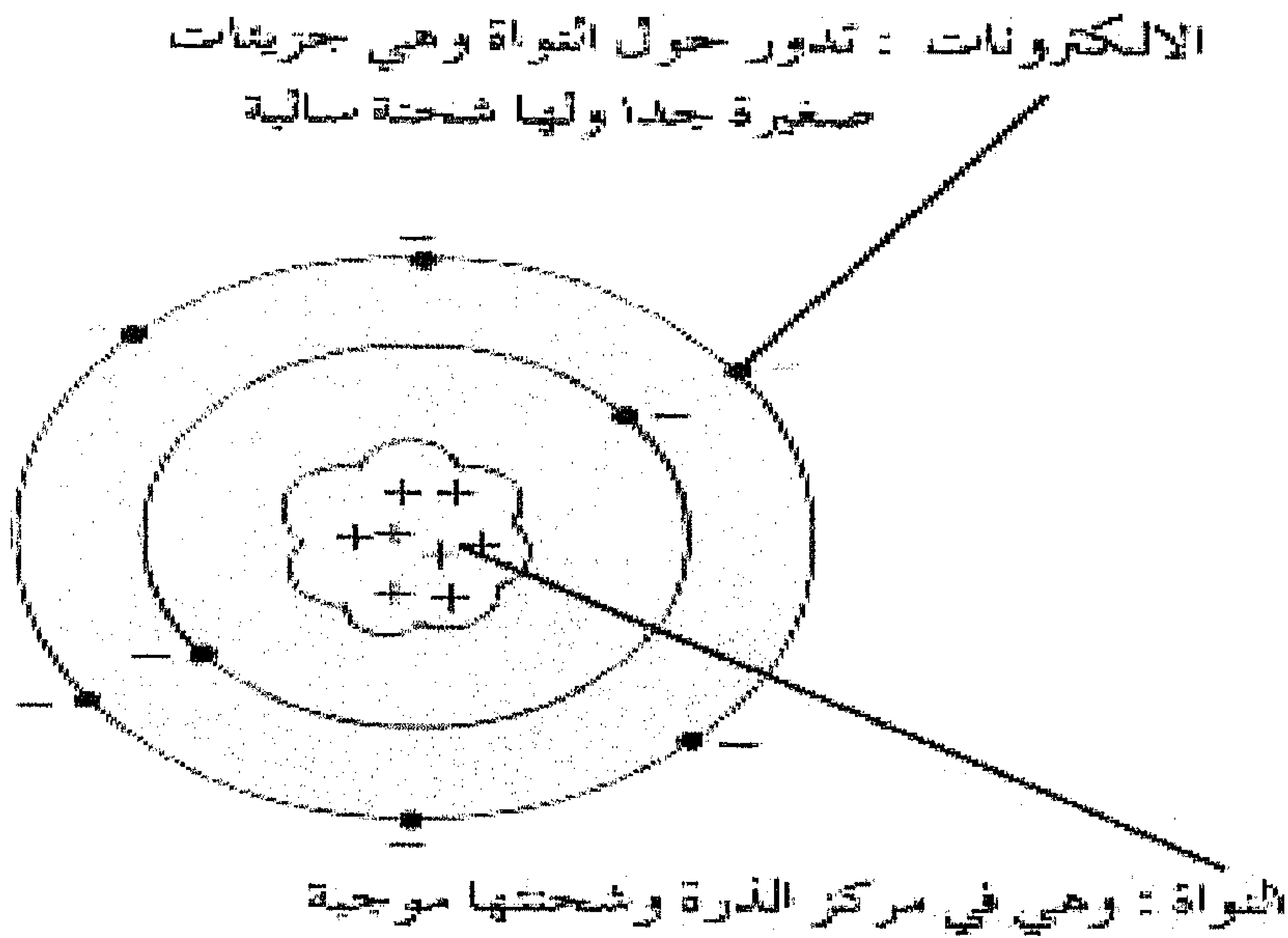
عندما نستخدم الكهرباء للتدفئة أو الإنارة أو التحريك فإن التيار الكهربائي يمر في الأسلاك، وهذا بدوره يجعل الأشياء كالغلاّيات الكهربائية والمصابيح والمحركات تعمل الغلاّيات الكهربائية تحتاج كمية كبيرة من التيار الكهربائي، لذا فأسلاكها الموصولة مع مصادر تزويد الكهرباء سميكة، وإذا نظرت إلى المصباح الجانبي في غرفة نومك أو مصباح الطاولة سترى بأن أسلاكها رفيعة وهذا لأنهما يحتاجان إلى تيار كهربائي صغير للإنارة .

الكهرباء هي كلمة رديفة للشحنة الكهربائية.

اكتشف العلماء أن التيار الكهربائي عبارة عن سيل من الإلكترونات المتحركة خلال الأسلاك، والإلكترونات كما تعلمت سابقاً هي عبارة عن جسيمات صغيرة جداً وأصغر من الذرة.

الشحنات

تتولد الشحنة الكهربائية في الذرة، وهناك نوعان من الشحنات، الشحنة الموجبة (+) والشحنة السالبة) ـ وكل ذرة تحتوي على عـدد متساوٍ مـن الـشحنات الـسالبة والموجبـة، لذلك تكون الذرات متعادلة.

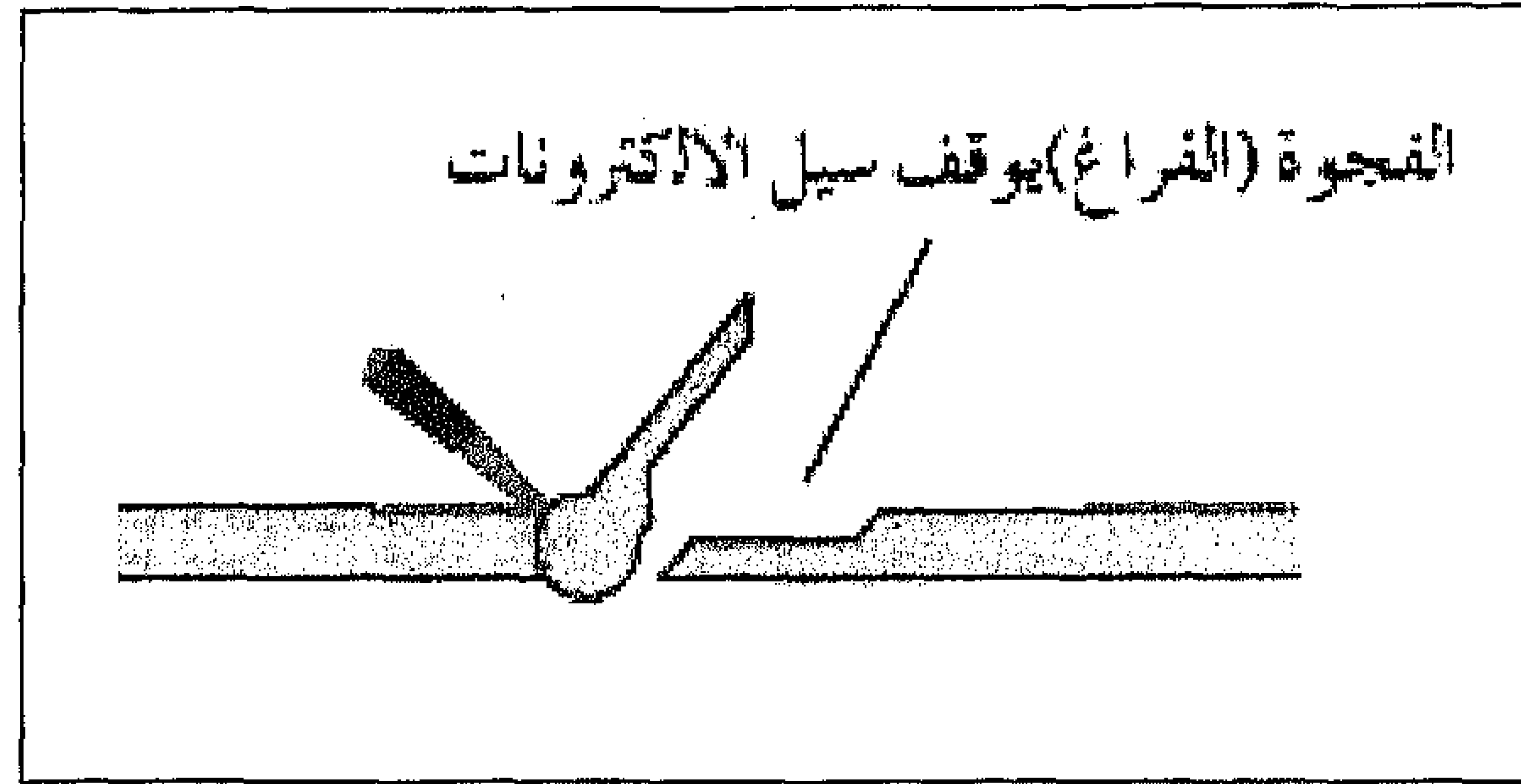


التيار الكهربائي

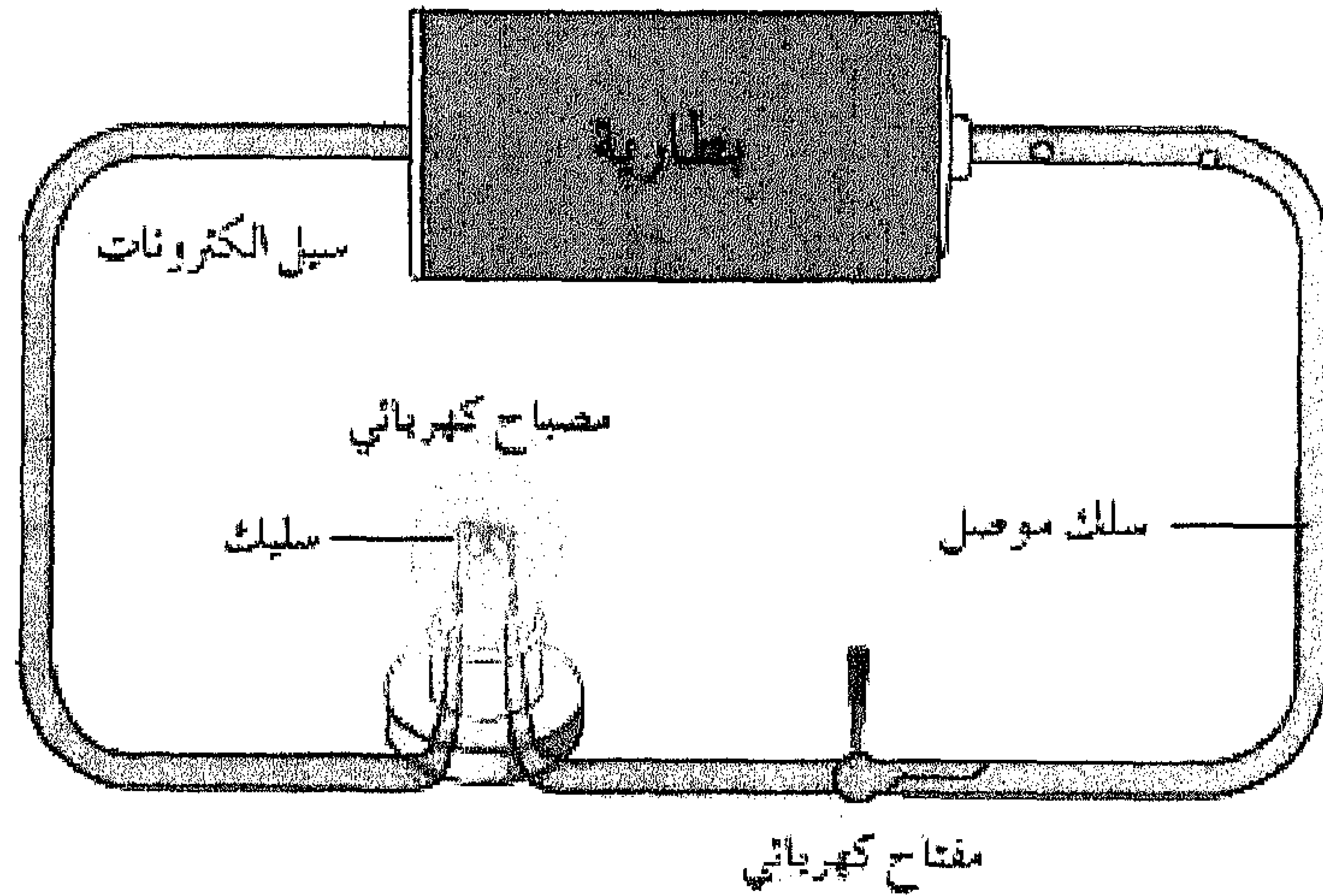
لا تبقى الإلكترونات دائماً في مكانها في الذرة، فعندما تـضيء مـصباحاً كهربائيـاً فـإن الإلكترونات تعبر أسلاك الدائرة الكهربائية من ذرة لأخـرى، وسـيل الإلكترونـات هـذا يسمى التيار الكهربائي.

الدارة الكهربائية البسيطة

الشكل التالي يمثل دارة كهربائية . البطارية لها طرفان اثنان، موجب وسالب . تقوم البطارية بدفع الإلكترونات عبر الدارة الكهربائية حيث تندفع الإلكترونات من أحد طرفي (قطبي) البطارية (الموجب أو السالب) عبر الدارة إلى الطرف(القطب) الآخر.



عند مرور الإلكترونات في المصباح الكهربائي ترفع من درجة حرارة السلك (السلك الرفيع) فيتوهج معطياً ضوءاً .



يرجع سبب ارتفاع درجة حرارة السلك إلى مقاومة السلك لمرور التيار الكهربائي خلاله، لذلك كلما تحركت الإلكترونات خلال السلك يحاول السلك منعها من الحركة فترتفع درجة حرارته.

تتبع مسار التيار الكهربائي من البطارية إلى البطارية ثانية، إذا كان في مسار التيار الكهربائي مفتاح، فإن هذا المفتاح يستخدم لإضاءة المصباح. يجب أن تكون الدارة كاملة لتسير الإلكترونات فيها، وإذا حصل قطع في الدارة الكهربائية فإن سيل الإلكترونات سيتوقف وينطفيء المصباح الكهربائي .

الموصلية كهربائية

الموصلية الكهربية و رمزها *sigma* هي خاصية في من خصائص أي مادة و تمثل قدرتها على نقل الشحنات المتحركة من مكان إلى آخر و تعكس مقدار مسامحة مادة ما لمرور التيار فيها و يعبر عنها جورج أوم في قانون أوم في ضيغته المغناطسية و هي صيغة محورة من القانون الكهربي كالتالي:

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E}$$

حيث :

E هي شدة المجال الكهربي فولت لكل متر

و J هي كثافة التيار أمبير لكل متر مربع

و وحدة الموصلية هي سيمنز لكل متر.

و في الموصل الكهربي الموصلية هي مقلوب المقاومية

$$\rho = \frac{1}{\sigma}.$$

و بما أن مقاومة المعدن تزداد بزيادة الحرارة فتبعا لذلك فإن الموصلية الكهربية في المعادن تزداد كلما نقصت الحرارة و يعبر عن ذلك رياضيا حسب القانون التالي .

$$\sigma_{T'} = \frac{\sigma_T}{1+\alpha(T-T')}$$

حيث *alpha* هي المعامل الحراري للمادة،

النفاذية

هي كمية فيزيائية و خاصية تصف تأثر عازل كهربي عند تعرضه لمجال كهربي فالعوازل ذات القيمة السماحية الكبيرة تميل إلى تقليص وجود المجال الكهربي، و لذلك يمكن زيادة كمية تخزين الطاقة في مكثف ما عند وضع عازل كهربي ذا سماحية عالية فالطاقة المخزنة تزداد بازدياد درجة سماحيةالعازل، وحد قياسها هي فاراد لكل متر

سماحية الفراغ ذات قيمة صغيرة نسبيا و تساوي 8ز854 بيكو فاراد لكل متر و تعطى سماحية المادة غالبا بدلالة سماحية الفراغ فسماحية الماء مثلا هي ضعف سماحية الفراغ ثمانين مرة .

$$\varepsilon = \varepsilon_r \varepsilon_0 = (1+\chi_e)\varepsilon_0$$

حيث X هي القابلية الكهربية و Er هي السماحية النسبية و التي هي في الماء تساوي 80 .

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{c^2\mu_0} = 8.854\times10^{-12}),$$

حيث

c (أو c_0) هي سرعة الضوء في الخلاء

μ_0 هي نفاذية الفراغ .

مصادر الكهرباء

بعض المواد التي تستطيع نقل الإلكترونات عبر الأسلاك:

أ- **البطاريات** : تحتوي على مواد كيميائية، وعند تفاعل المواد الكيميائية فيها فإن الإلكترونات تتحرك.

ب- **المولّدات** : تتكون من مغناطيسات تتحرك بين أقطابها ملفات توصيل تحتوي على أسلاك كثيرة، عندما تتحرك هذه المغناطيسات فإن الإلكترونات تتحرك في ملفات التوصيل .

ج -**الخلايا الشمسية** : تحتوي على مواد تستخدم الطاقة النابعة من أشعة الشمس لتجعل الإلكترونات تتحرك، بعض الآلات الحاسبة تعمل على الخلايا الشمسية.

استهلاك الطاقة

البطاريات تزوّد الإلكترونات بالطاقة، وتستهلك الإلكترونات الطاقة في انتقالها إلى المصباح الكهربائي الذي يحوّلها إلى طاقة حرارية وطاقة ضوئية .

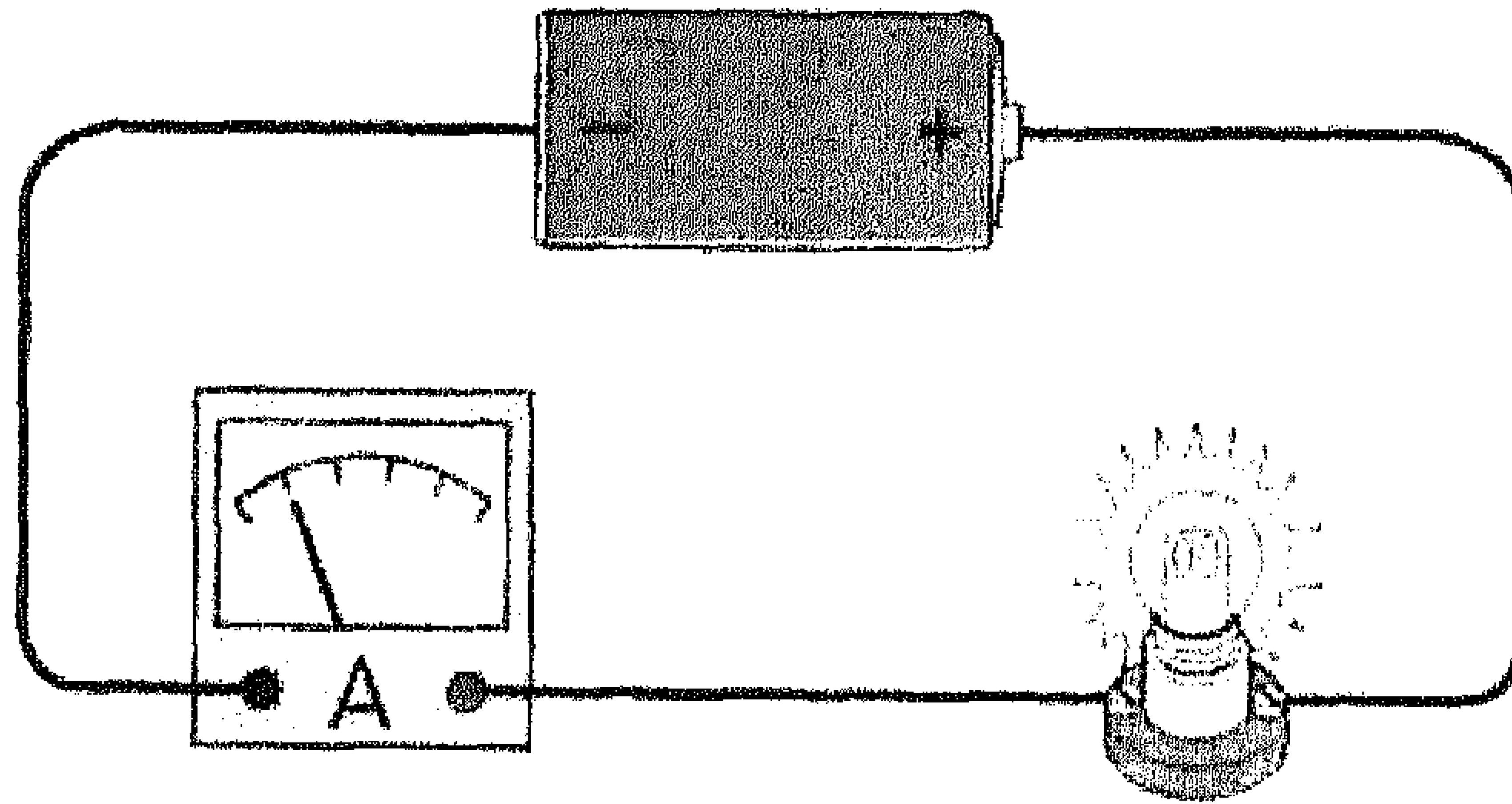
الفولتية:

هذه الدارة الكهربائية فيها بطارية واحدة تسمى عادةً خلية .

تملك البطارية فولتية قيمتها مكتوبة على إطارها الخارجي، وتقاس بوحدة الفولت Volt، الفولتية العالية تعني أن كل الكترون يملك طاقة أكثر للاستهلاك، ولقياس الفولتية في البطارية نوصل جهاز قياس الفولتية (الفولتيمتر) بأطراف البطارية السالبة والموجبة .

الأمبير :

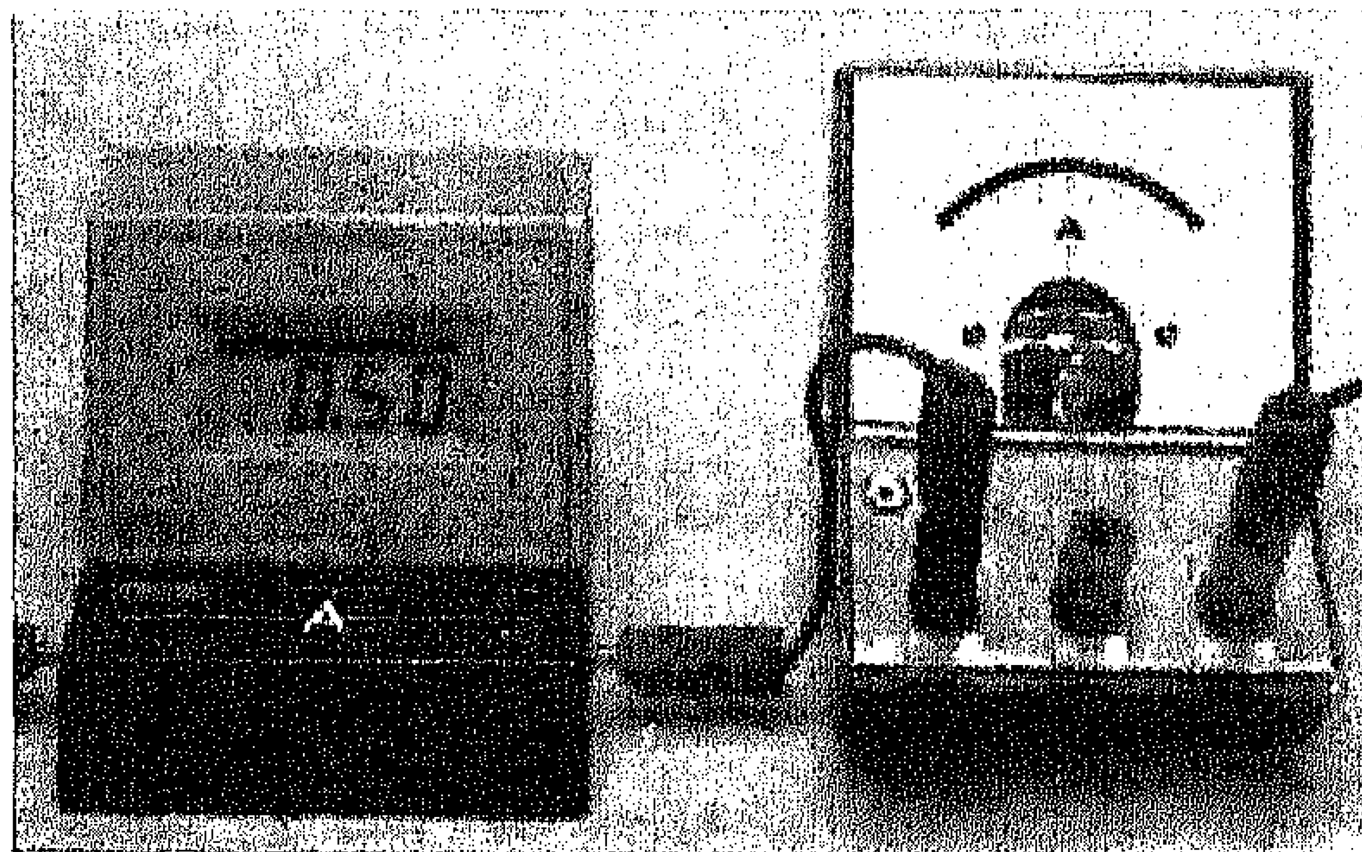
يقاس التيار الكهربائي باستخدام جهاز الأميتر الذي يقيس كمية التيار المارة في السلك الكهربائي، ووحدة قياس التيار الكهربائي هي الأمبير . Ampere والتيار العالي يعني سيل أكبر من الإلكترونات.



لقياس التيار الكهربائي نوصل جهاز القياس (الأميتر) بالدارة الكهربائية . ويمكن وضع جهاز الأميتر في أي نقطة على الدارة الكهربائية لأن التيار الكهربائي ثابت في أي نقطة عليها.

توصيل الأميتر لا يؤثر على عمل الدارة الكهربائية .

الصورة بالأسفل تظهر لنا نوعان من أجهزة قياس التيار (الأميتر)، واحد يعرض الأرقام على شاشة صغيرة (أميتر رقمي) والآخر له سهم مؤشر يتحرك على لوحة بأرقام



الرسم التالي يشرح كيفية وصل جهاز أميتر لقياس قيمة التيار الداخل في المصباح الكهربائي، بإمكانك أيضاً استخدام الأميتر لقياس كمية التيار الخارجة من المصباح الكهربائي .

الشحنات الكهربائية

البروتونات، النيوترونات والالكترونات تختلف كثيراً عن بعضها .كل له خواصه المختلفة وإحدى هذه الخواص هي الشحنة الكهربائية. البروتونات ذات شحنة موجبة ، الإلكترونات سالبة والنيوترونات لا شحنة لها. شحنة بروتون واحد لها نفس قيمة شحنة الكترون واحد . وعندما يتساوى عدد الإلكترونات مع عدد البروتونات في ذرة ما فإن هذه الذرة متعادلة أي شحنتها الكلية صفر لإلكترونات تستطيع الحركة:

البروتونات والنيوترونات مرتبطة معاً في النواة بقوة كبيرة جداً . عادةً النواة لا تتغير. لكن بعض الإلكترونات الخارجية يمكن فقدها بسهولة ويمكنها الحركة من ذرة إلى أخرى . الذرة التي تخسر الكترونات عندها شحنات موجبة (بروتونات) أكثر من الشحنات السالبة (الالكترونات) ولذا تصبح موجبة الشحنة . أما الذرة التي تكسب الكترونات تصبح عندها شحنات سالبة أكثر من الشحنات الموجبة ولذا تصبح سالبة الشحنة.

بعض المواد الكتروناتها مرتبطة جداً بأنوية ذراتها ولذا لا تتحرك خلالها بسهولة. هذه المواد تدعى مواد عازلة (بلاستيك ، قماش ، زجاج والهواء الجاف) .المواد التي تتحرك الكتروناتها خلال الذرات تدعى مواد موصلة (معظم المعادن موصلة جيدة).

كيف نستطيع تحريك الإلكترونات من مكان إلى آخر؟؟؟؟؟ إحدى الطرق الشائعة هي بدلك جسمين ببعضهما .إذا كانا من مواد مختلفة عازلة ,الإلكترونات ممكن أن تنتقل

من أحدهما إلى الآخر . كلما دلكت أكثر كلما انتقل عدد أكبر من الإلكترونات وكلما كان نم الشحنه على الجسمين أكبر يعتقد العلماء أن الدلك والاحتكاك ليسا سبب انتقال الالكترونات وإنما ببساطة الاتصال بين الأجسام المختلفة. الدلك فقط يزيد من مساحة الاتصال بينهما.

الكهروستاتيكية هي عدم التوازن بين كمية الشحنة الموجبة وكمية الشحنة السالبة على جسم.

الشحنات المتعاكسة تتجاذب والمتشابهة تتنافر :الأجسام المشحونة بشحنات مختلفة تنشد نحو بعضها بينما ذات الشحنات المتشابهة تدفع بعضها البعض بعيداً. الجسم المشحون أيضا يجذب أي شيء متعادل. فكر كيف تلصق بالوناً بالحائط. إذا دلكت البالون بشعرك فإنك تشحنه فهو سينتزع الكترونات أكثر ويصبح سالباً . قربه من جسم متعادل فتتحرك الشحنات في ذلك الجسم ، فإذا كان هذا الجسم موصلاً فإن الإلكترونات ستتحرك بسهولة للجهة البعيدة منه أي أبعد ما يكون عن البالون.. أما إذا كان الجسم عازلاً فإن عدداً قليلا من الالكترونات يبتعد إلى الجهة البعيدة للجسم . في كلتا الحالتين الجهة القريبة من الجسم تصبح موجبة وهذا ما يجعل البالون يلتصق بالحائط ولكن ما علاقة ذلك بالصدمة؟ (الرعشة) أو الشعر المكهرب ؟ عندما تخلع قبعتك فإنها تدلك بشعرك فتنتقل الإلكترونات من شعرك للقبعة وهو ما يشحن شعرك موجباً.

ووتتنافر الشعرات مع بعضها لأن لها نفس الشحنة وعندما تسير على السجادة فإن الإلكترونات تنتقل من صوفها إلى جسمك مما يجعلك تملك كمية من الالكترونات الزائدة .يد الباب المعدنية موصل جيد للكهرباء مما يسهل انتقال الإلكترونات من جسمك إليها فتشعر برعشة. تكون الكهروستاتيكية ملحوظة أكثر في الشتاء حينما يكون الهواء

جافاً ، وفي الصيف الهواء عالي الرطوبة لا تلحظ ظواهر الكهرباء السكونية .لأن الماء يساعد في انتقال الإلكترونات بعيداً عن جسمك وبذلك لا تتكون شحنة عالية عليه قد تشكل خطراً عليك.

متسلسلة التريبو الكتريك

عندما تدلك مادتين مختلفتين ببعضهما من ستصبح موجبة ومن ستصبح سالبة؟؟ العلماء رتبوا المواد حسب قدرتها على الاحتفاظ بالكتروناتها أو لخسارتها. هذا الترتيب اطلق عليه(متسلسلة التريبو الكتريك) . سنعرض هنا بعضاً من عناصر هذه السلسلة . في ظروف مثالية ، إذا دلكت مادتين معاً ، فإن المادة في أعلى السلسلة تفقد الكترونات وتصبح موجبة والمادة في أسفله تكتسب الإلكترونات وتصبح سالبة.

المواد الموصلة والمواد العازلة

بعض المواد تعتبر موصل جيد للكهرباء حيث يستطيع التيار الكهربائي المرور من خلالها وهي مواد تكون مقاومتها منخفضة . وبعض المواد تعتبر رديئة التوصيل للكهرباء حيث تكون مقاومتها لمرور التيار الكهربائي خلالها عالية نوعاً ما .

تسمى المواد التي تكون مقاومتها لمرور التيار الكهربائي خلالها عاليةً جداً مواد عازلة للتيار الكهربائي، وهي مواد لاتسمح للإلكترونات بالمرور من خلالها. المواد الموصلة الجيدة : المعادن وخاصة الفضة والنحاس والألمنيوم والكربون. المواد الموصلة الرديئة : جسم الإنسان، الماء والهواء .

المواد العازلة : الزجاج والمطاط والمواد البلاستيكية .

قانون حفظ الشحنة

عندما نشحن شيئاً بالكهرباء الستاتيكية فلن يكون هناك فناء للإلكترونات ولن تظهر بروتونات جديدة . الإلكترونات فقط تنتقل من مكان إلى آخر .الشحنة الكلية تبقى ثابتة. هذا ما يدعى بمبدأ حفظ الشحنة.

قانون كولوم

الأجسام المشحونة تولد حولها مجالاً كهربائياً غير مرئي، تعتمد شدته على عدة أشياء: كمية الشحنة، المسافة وشكل الأجسام. ولذا لتسهيل الدراسة سنتعامل مع شحنات نقطية تكون صغيرة جداً مقارنة بالمسافة بينها .شارلز كولوم اكتشف المجال الكهربائي عام 1780. لقد وجد أن القوة الكهربائية بين الشحنات النقطية تعتمد على حاصل ضرب شحناتها، أي أنه كلما زادت كمية الشحنة زادت قوة المجال. وأن المجال يتناسب عكسياً مع مربع المسافة بين الشحنات. هذا يعني أنه كلما زادت المسافة بين الشحنات ضعفت القوة بينهما. ويمكن كتابة هذا كقانون:

ق = أ (ش1 × ش2 /) ف2

حيث ش الشحنة ، ف المسافة بين الشحنتين، أ ثابت التناسب ويعتمد على الوسط العازل بين الشحنتين.

المواد العازلة

طور الإنسان معالجاته للظروف البيئية المحيطة به من خلال التجارب الطويلة والمستمرة في معرفته خصائص المواد .فالمواد العازلة أهمية كبيرة في مختلف المجالات بما فيها المجال الكهربائي. ومن هذه المواد

سيليكون:

من مجموعة من شبه البوليمرات غير العضوية على أساس الهيكلية sio2 التي تتسم على نطاق واسع المدى على الاستقرار الحراري، وارتفاع مداهنة، repellence المتطرفة المياه، والمستخدمة في المواد اللاصقة ومواد التشحيم، حماية الطلاء، الطلاء، العزل الكهربائية، المطاط الصناعي، والأطراف الاصطناعية للاستعاضة عن أجزاء الجسم.

بعض من أهم خصائص سيليكون تشمل ما يلي:

الحرارية الاستقرار الثبات الخواص من خلال تشغيل مجموعة واسعة من -100 إلى 250 درجة مئوية

- ممتاز لمقاومة الأكسجين، والأوزون، وضوء الشمس
- مرونة
- حسن الكهربائية العازلة
- مكافحة اللاصقة
- انخفاض التفاعلات الكيميائية
- انخفاض السمية

ويستخدم السيليكون في العديد من المجالات:

- بناء السدود في بناء وصيانة
- المكونات الإلكترونية Electronic components
- التنظيف الجاف

الأسبستوس Asbestos

الأسبستوس هو الاسم العام الذي ينطبق على عدة أنواع من ليفية السليكات والمعادن.

الأسبستوس وتشتهر بالمقاومة وقدرتها على أن تكون نسج القماش. وبسبب هذه الخواص، المقاومة للحرارة كان يستخدم لصنع الستائر لدور العرض، وكذلك وملابس للرجال الاطفاء وعمال المعادن .المزيد من التطبيقات الحديثة للاستفادة من الاسبستوس الكيميائية المقاومة وتعزيز الخواص من ألياف الاسبستوس لإنتاج الأسمنت والمنتجات بما يعزز الأنابيب، وصفائح، والقوالب المستخدمة في تشييد المبان الأسبستوس هو أيضا استخدام العزل لمحركات الصواريخ على مكوك الفضاء .وتستخدم في تعزيز مقاومة الحرارة في المواد البلاستيكية.

وهناك ستة أنواع من الاسبستوس : أكتينولايت، أموسيت،anthophyllite ، الكروسيدوليت، التريموليت، وزيتوني ..أول خمسة أنواع هي المعروفة باسم عملية التصنيع:

ألياف الإسبستوس هي التي شكلتها النمو التدريجي من بلورات معدنية في الشقوق، أو عرق، وجدت في التكوينات الصخرية اللينة ..فإن بلورات تنمو عبر المنوال. عملية التعدين ثم عملية الفصل التي تنفذ بعناية حتى لا يتم كسر ليف من اليافه الرقيقة عملية سحق وفراغ تطلع من ألياف الإسبستوس يتكرر مرتين أكثر ..في كل مرة قطعة من خام الحصول على أصغر حتى آخر لألياف الإسبستوس وأسر ما تبقى من ركاز هو من الضآلة بحيث أنه يقع من خلال الشاشة ونبذها.

الآثار البيئية والصحة Environmental Effects

بات من المسلم به عموما أن استنشاق ألياف الاسبستوس يمكن أن ترتبط مع ثلاثةأمور خطيرة، وكثيرا ما تكون قاتلة، والأمراض.، وسرطان الرئة وتليف الرئتين تؤثر، في حين أن الثالث، ورم الظهارة المتوسطة، هو شكل نادر من سرطان يؤثر على بطانة من والصدر والبطن تجاويف

السليكون الراتنج

البوليمرات تتكون من ذرات بالتناوب من السيليكون والأوكسجين مع بدائل العضوية التي يوليها لذرات السليكون، كما هو مبين في الصيغة أدناه.

السليكون الراتنجات تستخدم للطلاء في التطبيقات الحرارية التي مدى الاستقرار الحراري لها 300-500 درجة مئوية ..والخواص العازلة للبوليمرات جعلها مناسبة للكثير من التطبيقات الكهربائيةelectronic devices ، ولا سيما في الكهربائية العازلة التي تتعرض لارتفاع درجات الحرارة والتغليف للمواد الأجهزة الإلكترونية.

البلاستيك

يمكن تصنيف البلاستيك حسب بنيته الكيميائية ،ويعنى بالجزيئات المتحدة مع بعضها مما يشكل العمود الفقري لهذه السلسلة

مع اتساع أنواع كثيرة من البلاستيك فإنه يتكون من مركب كيميائي من الكربون والهدروجين فقط أو مع الأكسجين أو النتروجين أو الكبريت ويستخدم في العزل في الكابلات الكهربائية وله عدة منتوجات كالمطاط والنايلون اللذين يستخدمان في العزل

الصيغة الكيميائية للنايلون

خواصه: رخص ثمنه

لا ينقل التيار الكهربائي بعض الأنواع لا تتحمل درجات حرارة عالية مما يؤدي إلى زوبان المادة العازلة البلاستيك مادة متينة تتحلل إلى مركباتها ببطء ولن حرق البلاستيك يؤدي إلى انطلاق بعض الغازات السامة ومصانع البلاستيك تطلق كمية كبيرة من المواد الكيميائية الملوثة

الخـــــزف porcelain

مصطلح يشير إلى والخزف ومجموعة واسعة من المنتجات الخزفية التي تم اتخمرها في درجات حرارة عالية لتحقيق زجاجي،، صفات مثل شفافية وانخفاض المسامية .ومن بين أكثر الخزف والسلع الجدول والديكور الصين، والكيميائية، طب الأسنان، والكهربائية والمواد العازلة.

المواد الخام

والمكونات الأساسية هي والخزف والطين، والفلسبار أو فلينت، والسليكا، وتتميز كل حجم الجسيمات الصغيرة ..لإنشاء أنواع مختلفة من الخزف والحرفيين تجمع هذه المواد الخام في بدرجات متفاوتة حتى يحصلوا على الخزف المنشود ويستخدم الخزف في مجالات عديدة لمواصفاته الجيدة ومنها

- القوة والصلابة
- الزجاجية
- المتانة الفائقة
- المقاومة العالية لمرور الكهرباء
- المقاومة للتفاعلات الكيميائية
- مقاومة عالية لصدمة حرارية عالية

البولي فينيل كلورا يد polyvinyl chloride

وانتشر استعمالها بنطاقاً واسع بوصفها عازل للالأسلاك الكهربائية والكابلات .. القماش والورق المطلية يمكن معها لإنتاج الأقمشة التي يمكن أن تستخدم لمواد التنجيد ومطر.

Density كثافة 1380kg/m^ 3

Young's modulus (E) معامل يونغ 2900-3300 M Pa

Tensile strength (σ t) قوة الشد 50-80 M Pa (σ

Elongation break كسر الاستطالة 20-40%

Notch test اختبار تحقيقها 2-5 k J / m ²

Glass temperature درجة حرارة الزجاج 87 ° C

Melting point نقطة انصهار 212 ° C

Vicat B 1 Vicat 85 ° C

Heat Transfer Coefficient (λ) معامل انتقال الحرارة (λ) 0.16 W/ m . K

Linear Expansion Coefficient (α) توسيع ضيق المعامل (α) 8 10 -5 / K

Specific heat (c) الحرارة النوعية 0.9 kJ/(kg•K)

Water absorption(ASTM) امتصاص المياه(الجمعية الأمريكية لفحص المواد 0.04

الميكا mica

تتألف من مجموعة كيميائيا وماديا ذات الصلة بسيليكات الألومنيوم والمعادن، ويتميز بأنها مرنة نستطيع تقسيمها إلى صفائح التي تستخدم في العزل والمعدات الكهربائية.

المصطلح العام لمجموعة كبيرة من المعادن، مائي من سيليكات الألومنيوم والبوتاسيوم، وغالبا ما تحتوي على المغنيزيوم والحديد الحديدية،، والصوديوم، والليثيوم ونادرا ما تحتوي على أكثر الباريوم، الكروم، والفلور.

تصنيع الميكا

ويتم إنتاج رقائق الميكا في جميع أنحاء العالم ..رقائق الميكا وقد يأتي من عدة مصادر صخور متحولة، من المترسب محتوي على الودائع، ورقائق الميكا هي أقل وفرة من رقائق الميكا والخردة

اشباه الموصلات

تقسم المواد من حيث قدرتها على توصيل التيار الكهربائى الى ثلاثة أقسام :

1. الموصلات : conductors
2. العازلات : insulators
3. أشباه الموصلات : semiconductors

مقارنة بين المواد الموصلة والعازلة وأشباه الموصلات

وجه المقارنة	المواد الموصلة	المواد العازلة	أشباه الموصلات
أمثلة	الفلزات (الفضة - النحاس - الحديد - الرصاص-)	الزجاج - الخزف - الكوارتز - البورسلين - الابونيت - الكهرمان	الجرمانيوم - السيلكون - كبريتيد الرصاص - كبريتيد الكادميوم
المقاومة النوعية	(من 5-10 الى 8-10) أوم . متر	كبيرة جدا في درجة حرارة الغرفة في المدى من (106الى1016) اوم . متر	متوسطة عند درجة الحرارة العادية في المدى من 5 --- 00000 (0.00005) اوم متر
نطاق التكافؤ	مملوء بالالكترونات	مملوء بالالكترونات	مملوء بالالكترونات
نطاق التوصيل	مملوء جزئيا بالالكترونات عند درجات الحرارة الاعتيادية	خالي من الالكترونات الحرة عند درجات الحرارة العادية	خالي من الالكترونات تماما في درجة الصفر المطلق
طاقة الفجوة	صغيرة جدا (0.01) الكترون . فولت	كبيرة جدا (5) الكترون . فولت	من (2 الى 0.7) الكترون . فولت
تأثير رفع درجة الحرارة على المقاومة	تزداد المقاومة	تنخفض المقاومة ولكنها تظل كبيرة لدرجة ان المادة الصلبة تنصهر قبل ان تصبح موصلة	تنخفض المقاومة بشكل كبير

ملاحظات على المقارنة السابقة

1- تعتمد مقاومة المواد المختلفة على نقاوتها حيث:

(أ) المواد الموصـــلة – لا يؤثر وجود الشوائب في الفلزات على تركيز حاملات الشحنة المتحركة ولكنه يغير نشاطها كثيرا حيث تحدث الشوائب عيوبا في الشبكة البلورية تزيد من مقاومتها للتيار الكهربائى – إذا الشوائب في الفلزات تزيد المقاومة للتيار الكهربائى

(ب) المواد العازلة – في المواد العازلة يكون لذرات الشوائب الكترونات ضعيفة الصلة بهذه الذرات حيث يمكن لهذه الالكترونات أن تنفصل بسهولة عن ذراتها وتصبح حرة – اذا الشوائب في المواد العازلة تقلل من مقاومتها بصورة عامة

(ج) أشباه الموصلات – تقل المقاومة بصورة كبيرة في أشباه الموصلات نتيجة اضافة الشوائب اليها . وأكثر من ذلك يمكن باختيار الشوائب بطريقة خاصة تغيير مقاومة اشباه الموصلات في الاتجاه المطلوب ولذلك تستخدم أشباه الموصلات المشابة على نطاق واسع

2 – تعتمد مقاومة المواد المختلفة على درجة حرارتها حيث :

(أ) المواد الموصلة – تزداد مقاومة الفلزات نتيجة رفع درجة حرارتها وتقل بالتبريد وتساوى الصفر في قابلية التوصيل العالى

(ب) المواد العازلة – تقل مقاومة المواد العازلة بالتسخين ولكنها على الرغم من ذلك تبقى كبيرة حيث يحتاج الالكترون الى طاقة كبيرة حتى ينفصل عن الذرة . لذا تنصهر معظم المواد العازلة الصلبة قبل أن تصبح موصلة

(ج) أشباه الموصلات : عند رفع درجة حرارة أشباه الموصلات تزداد كمية حاملات الشحنة المتحركة وتقل المقاومة بشكل كبيرولكنها لا تتصف بقابلية التوصيل العالى والعكس صحيح حيث تزداد المقاومة بخفض درجة الحرارة وتصبح قريبة من مقاومة المواد العازلة -

مصطلحات هامة

1. الكترونات التكافؤ : هى الالكترونات في المستوى الاخير في الذرة
2. نطاق الطاقة : مجموعة من مستويات الطاقة المتقاربة فروق الطاقة بينها صغيرة وتفصلها فجوات تخلو من مستويات الطاقة
3. نطاق التكافؤ : هو نطاق الطاقة الخارجى في البلورة
4. نطاق التوصيل : هو النطاق الذى يعلو نطاق التوصيل في البلورة
5. طاقة الفجوة : هى الطاقة التى تلزم الالكترون لكى ينتقل من نطاق التكافؤ الى نطاق التوصيل
6. المواد شبه الموصلة : عناصر رباعية التكافؤ ترتبط ذراتها ببعضها البعض بروابط تساهمية وتكون عازلة تماما في درجة الصفر المطلق وتزداد درجة توصيلها بارتفاع درجة حرارتها
7. بلورة شبه الموصل النقية : هى بلورة شبه الموصل التى تتكون من ذرات السيلكون أو الجرمانيوم عن طريق مشاركة كل ذرة بالكترونات التكافؤ الاربعة مع أربع ذرات مجاورة (رابطة تساهمية)

8. الفجوة :هى الفراغ الذى يخلفه الالكترون المتحرر من الرابطة التساهمية بسبب ارتفاع درجة حرارة بلورة شبه الموصل

9. التطعيم : هو اضافة كمية قليلة من ذرات مادة معينة الى بلورة شبه الموصل بهدف زيادة عدد الالكترونات أو الفجوات

10. بلورة شبه الموصل غير النقية : بلورة شبه موصل تطعم بذرات من مادة شائبة أخرى

وجه المقارنة	شبه الموصل من النوع السالب	شبه الموصل من النوع الموجب
التعريف	بلورات لمواد شبه موصلة مطعمة بذرات خماسية التكافؤ (زرنيخ) بلورة سيليكون مطعمة بذرات زرنيخ As33	بلورات لمواد شبه موصلة مطعمة بذرات عناصر ثلاثية التكافؤ (جاليوم) بلورة سيليكون مطعمة بذرات جاليوم Ga31
التوصيل	يعتمد على حركة الالكترونات السالبة ويزداد التوصيل بزيادة نسبة ذرات الشوائب (الزرنيخ) وتسمى الالكترونات (حاملات الشحنة الاساسية - السائدة -)	تحتوى على فجوات تعمل كل فجوة عمل شحنة موجبة تحاول اقتناص الكترون سالب ولذلك تتحرك الفجوات الموجبة في البلورة في اتجاه عكس اتجاه حركة الالكترونات
تفسير عمل الشوائب	اضافة ذرات الزرنيخ يضيف مستويات طاقة اضافية اسفل نطاق التوصيل مباشرة تنتقل منه الالكترونات الى نطاق التوصيل (بدون انتاج فجوات)	اضافة ذرات الجاليوم يضيف مستويات طاقة اعلى نطاق التكافؤ مباشرة وتنتقل اليها الكترونات من نطاق التكافؤ وتترك فجوات (بدون انتاج الكترونات)

ملاحظات على المقارنة السابقة

1. فى البلورة من النوع السالب تسمى مادة الزرنيخ مادة معطية donor حيث تعطى الالكترونات الحرة السالبة

2. تكون البلورة من النوع السالب متعادلة كهربائيا لانها تتكون أصلا من ذرات متعادلة كهربائيا

3. بزيادة عدد ذرات الشوائب يزداد عدد الالكترونات الحرة وتزداد قدرة البلورة على التوصيل ولكن تبقى عملية التطعيم في حدود معينة (مثال للتوضيح : يضاف الى الجرمانيوم المنصهر النقى حوالى 0.00001 ٪ من ذرات الزرنيخ وعند التجمد تتكون شبكة جرمانيوم عادية ولكن في بعض العقد توجد ذرات زرنيخ بدلا من ذرات الجرمانيوم)

4. الطاقة اللازمة لانفصال الالكترون الخامس في ذرة الزرنيخ تكون صغيرة جدا وأصغر بكثير من الطاقة اللازمة لتأين ذرة الفلز ولذلك تكون جميع ذرات الزرنيخ في شبه الموصل متأينة في درجة حرارة الغرفة

5. الالكترونات الحرة. (الكترون واحد من كل ذرة من الزرنيخ) تعتبر حاملات الشحنة الأساسية – السائدة –

- فى البلورة من النوع الموجب : تسمى مادة الجاليوم مادة مستلمة (متقبلة) acceptor
- تكون البلورة من النوع الموجب متعادلة كهربائيا لأنها تتكون أصلا من ذرات متعادلة كهربائيا

المواد شبه الموصلة (Semiconductor)

- هي عناصر رباعية التكافؤ ترتبط ذراتها ببعضها البعض بروابط تساهمية وتكون عازلة تماما في درجة الصفر المطلق وتزداد درجة توصيلها بارتفاع درجة حرارتها
- بلورة شبه الموصل النقية
- هي بلورة شبه الموصل التى تتكون من ذرات السيليكون أو الجرمانيوم عن طريق مشاركة كل ذرة بالكترونات التكافؤ الأربعة مع أربع ذرات مجاورة (رابطة تساهمية

- **التشويب**

هو إضافة كمية قليلة من ذرات مادة معينة إلى بلورة شبه الموصل بنسبة (1 : 1000000) بهدف زيادة عدد الالكترونات أو الفجوات فيها

- **الفجوة**

هي الفراغ الذي يخلفه الالكترون المتحرر من الرابطة التساهمية بسبب ارتفاع درجة حرارة بلورة شبه الموصل

- **بلورة شبه الموصل غير النقية**

هي بلورة شبه موصل مطعمة بذرات من مادة شائبة أخرى

- شبه الموصل من النوع السالب بلورات لمواد شبه موصلة مطعمة بذرات عناصر خماسية التكافؤ (زرنيخ)
- شبه الموصل من النوع الموجب

أنصاف النواقل semiconductors

لقد أحدث تطور أنصاف النواقل ثورة في حياتنا، إذ أنها تشكل أساس جميع الدارات المتكاملة والمعالجة الميكروية.

وللتمييز بين الخواص الكهربائية للمواد يمكننا تصنيفها في ثلاث مجموعات :

- نواقل
- أنصاف النواقل
- عوازل .

إنك على الأرجح تعرف العديد من النواقل والعوازل، كالنحاس والمطاط .

أما أنصاف النواقل فهي تضم مواد مثل السيليكون و الجرمانيوم والكربون والسلينيوم وزرنيخيد الغاليوم وسلفيد الرصاص وغيرها........ يكمن الفرق الهام بين النواقل وأنصاف النواقل والعوازل في عدد الإلكترونات الحرّة الموجودة في المادة . ولعل أفضل الأجسام الصلبة طريقة لدراسة الفروقات بينها تتمثل في استخدام نظرية العصابات في الأجسام الصلبة .

قد يكون معلوم لديك أن الإلكترونات في ذرة مفردة محصورة في سويات طاقة معينة تماما وأن تغيرات الطاقة ضمن الذرة تحدث فقط بين إحدى سويات الطاقة وسوية أخرى. تكون الذرات في الجسم الصلب مرتبطة مع بعضها البعض ويمكن أن تشغل الإلكترونات سلسلة كاملة من سويات الطاقة تتجمع في عصابات يكون الفرق في الطاقة بين السويات ضمن العصابة صغيرا جدا مقارنة مع فرجة الطاقة بين العصابات . وتكمن الفروقات الكهربائية بين نوع جسم صلب ونوع آخر في الترتيبات المختلفة للعصابات .

النواقل Conductors

في الناقل تكون عصابة التكافؤ ممتلئة بالإلكترونات في الوقت الذي تكون فيه عصابة النقل ممتلئة جزئيا فقط. وإضافة كمية قليلة جدا من الطاقة سوف تسمح للإلكترونات بالحركة ضمن عصابة النقل بحيث يرتفع بعضها إلى سوية أعلى ويعود البعض الآخر إلى سويات أخفض . تشكل حركة الإلكترونات هذه نقلا كهربائيا . في بعض النواقل تتراكب فعليا عصابة التكافؤ وعصابة النقل وهذا يعطي بالنتيجة عصابة علوية ممتلئة جزئيا .

أنصاف النواقل الذاتية (التحليلية) Intrinsic semiconductors

أنصاف النواقل التحليلية وهي مادة تكون نصف ناقلة بحكم طبيعتها الذاتية دون أن يضاف إليها شيء . في نصف الناقل الذاتي تكون عصابة التكافؤ، مرة أخرى أيضا، ممتلئة لكن عصابة النقل تكون فارغة عند درجات حرارة منخفضة جدا، مع ذلك تكون فرجة الطاقة بين العصابتين صغيرة جدا بحيث تتمكن الإلكترونات من القفز عبرها بإضافة طاقة حرارية فقط، بعبارة أخرى يكفي تسخين العينة لإحداث نقل كهربائي . تزداد الناقلية مع درجات الحرارة بقدر ما يتحرر من إلكترونات، وبالتالي فإن لأنصاف النواقل معاملات درجة حرارة سالبة المقاومة . فمن أجل الجرمانيوم تبلغ فرجة الطاقة 0،66 إلكترون فولط وبالنسبة للسيلكون 1،11 إلكترون فولط عند 27 5 C . عندما يقفز إلكترون إلى عصابة النقل يترك وراءه فراغا أو ثقبا Hole في عصابة التكافؤ . ويكون هذا الثقب بالنتيجة موجبا. وبما انه بإمكان أي إلكترون أن يقفز إليه من جزء آخر من عصابة التكافؤ يبدو لنا وكأن الثقب بحد ذاته قد تحرك . يحدث النقل إما بحركة الإلكترون السالبة ضمن عصابة النقل أو بحركة الثقوب الموجبة ضمن عصابة التكافؤ .

يمكن تسبيه نصف الناقل بمرآب سيارات متعدد الطوابق وممتلىء تقريبا تمثل السيارات الإلكترونات والأماكن الفارغة الثقوب(لا يسمح لأية سيارة بدخول المرآب أو الخروج منه وإنما يمكنها فقط التجوال داخله). إذا كانت فكرة الثقوب هذه تبدو لك غريبة، تأمل كومة تراب والحفرة التي جاءت منها هذه الكومة في الطريق . إذا ارتطمت بكل من الكومة(الإلكترون) والحفرة(الثقب) وأنت تقود دراجة هوائية سيكون لكليهما تأثير فيزيائي عليك . النقل بواسطة الثقوب الموجبة .

6

الوحدة السادسة

الخواص المغناطيسية للمواد

Magnetic properties of material



الخواص المغناطيسية للمواد

قصة المغناطيس

تروي الأساطير أن راعيًا اسمه ماغنس كان يرعى غنمه، فلاحظ أن طرف عصاه المصنوع من مادة حديدية ينجذب نحو بعض الحجارة، فسميت هذه الحجارة باسم "الحجارة المغناطيسية " نسبة إليه بعد أن اكتشف هذه الظاهرة.

وربما تعود هذه التسمية إلى مقاطعة مغنيسيا (Magnesia) في آسيا الصغرى بالقرب من تركيا حيث اكتشفت هذه الحجارة المغناطيسية لأول مرة، وأطلق اليونانيون على ذلك الحجر اسم الحجر العجيب أو الحجر المعدني وسمي فيها بعد باسم الحجر المغناطيسي، كما أطلق اسم مغناطيس على القضيب المصنوع من المادة التي يمكن أن تكتسب خواص الحجر المغناطيسي

جميع المواد على اختلاف انواعها سواء الغازات أو السوائل أو المواد الصلبة لها خواص مغناطيسية نتيجة لتأثرها بالمجال المغناطيسي ولكن بدرجات متفاوتة، كما ان لدرجة الحرارة اثر كبيرا على هذه الخواص.

ونظرا لاستعمال المواد المغناطيسية في كثير من الأجهزة مثل الميكروفونات والسماعات ووسائل الاتصالات اللاسلكية وكذلك استعمالها في ذاكرات الحاسبات الآلية

وغيرها من الأجهزة الحديثة ولذلك اصبح مهما دراسة بعض الخواص المغناطيسية لهذه المواد.

ويمكن تقسيم المواد من حيث خواصها المغناطيسية إلى

قسمين رئيسين هما

1- **مواد متسامتة التمغنط (بارامغناطيسية) Paramagnetic** هذه المواد تميل للحركة من المناطق الضعيفة في المجال المغناطيسي إلى المناطق القوية وبمعنى آخر فإنها تنجذب نحو المغناطيس وإذا كانت حرة الدوران اتجهت أطوالها اتجاها يوازي المجال. ومن هذه المواد الالومنيوم والتيتانيوم والاكسجين (O , Ti , Al) بينما الحديد والنيكل والكوبالت (Co, Ni, Fe) وسبائكها ومركباتها فإنها مواد بارامغناطيسية قوية جدا لهذا يطلق عليها المواد الحديدومغناطيسية التي تتميز بكبر معامل النفاذية المغناطيسية والقابلية المغناطيسية لها موجبة.

2- **مواد دايامغناطيسية Diamagnetic** وهذه المواد تميل إلى الابتعاد عن المجال المغناطيس مهما كان اتجاهها إذا أتيحت لها حرية الدوران فإنها تجعل أطوال محاورها متعامدة على خطوط القوي ومن هذه المواد البزموت والنحاس وتتميز بأن معامل نفاذيتها اقل من الواحد والقابلية المغناطيسية لها سالبة.

المواد المغناطيسية

تسمى المواد التي يجذبها المغناطيس بشدة مواد مغناطيسية، مثل المسامير الفولاذية، ومشابك الورق...

وهي مواد في الغالب مصنوعة من الحديد، والكوبلت، والنيكل، والكروم والمنجنيز والجادولينيوم وغيرها...

ويطلق عليها أحيانًا اسم المواد الحديد ومغناطيسية أو الفيرو مغناطيسية.

المواد غير المغناطيسية

وهي المواد التي لا تنجذب نحو المغناطيس، مثل النحاس والخشب والزجاج، وقد بيّنت التجارب أنه إذا استعملنا مغانط قوية جدًا، فإن هذه المواد تتأثر تأثرًا طفيفًا بهذه المغانط، وتصنف هذه المواد إلى قسمين: يسمى أحدهما المواد شبه المغناطيسية أو بارا مغناطيسية والقسم الآخر يسمى دايا مغناطيسية.

المغناطيس الطبيعي

وهو عبارة عن معدن يستخرج من الحجر المغناطيسي وله تركيب كيميائي يعرف الماجنتايت أو أ**يد الحديد المغناطيسي $Fe3O4$ وهو أسود اللون، ويجذب إليه المواد المغناطيسية وخصوصًا الحديد والنيكل والكوبلت وخلائطها، كما أنه إذا علق تعليقا حرًا بحيث تسهل حركته في مستوى أفقي فإنه يتحرك إلى أن يستقر تمامًا في اتجاه الشمال والجنوب المغناطيسيين..

وهذا النوع ليس له شكل محدد أو شدة محددة، وقد استخدمه الناس قديمًا لصنع البوصلة. ولم تعد هناك أهمية عملية للحجر المغناطيسي هذه الأيام حيث تستخدم بدلاً منه مواد مغناطيسية صناعية منتجة من الحديد أو سبائك خاصة تعطي مغناطيسات قوية .

المغناطيس الصناعي

تستخدم المغناطيسات في حياتنا في أغراض متعددة، والمغناطيسات التي نستخدمها كلها مغناطيسات صناعية، وتصنع من الصلب أو من إحدى سبائك الحديد، وتشكل أولاً بالشكل المطلوب ثم تمغنط بإحدى طرق المغنطة .

إن أول مغناطيس دائم تمت صناعته من الفولاذ في حين أن المغناطيسات الحديثة أقوى من ذلك بكثير وتنقسم إلى نوعين

أ – السبائك المغناطيسية

وتحتوي على بعض الفلزات كالحديد والنيكل والنحاس والكوبلت والألمنيوم ولها أسماء تجارية مثل Alinco و Alcomax ويمكنكم البحث عبر شبكة الإنترنت حول هذه الأسماء لمعرفة مزيد من التفصيلات عنها.

ب – المغناطيسات الخزفية

وقد أمكن الاستفادة منها في تصنيع البوصلة كتطبيق على توجه القطب الشمالي للمغناطيس دائمًا نحو القطب الجغرافي الشمالي للأرض عند التعليق الحر للمغناطيس، كما تستخدم في المولدات والمحركات الكهربائية والسماعات والهواتف وغيرها . ... في حين يتم خلط مسحوق الفريت مع البلاستيك والمطاط (اللدائن) ليكوّن مغناطيسًا لينًا أو لدنًا قابلاً للإنثناء بأي شكل من الأشكال.

خواص المغناطيس

سواء كان المغناطيس طبيعيًا أم صناعيًا فإن له خواص مميزة وأهمها التالي:

الخواص العامة للمغناطيس:

1- إذا علق المغناطيس من منتصفه عند مركز ثقله، بحيث يكون حر الحركة في مستوى أفقي فإنه يتحرك أولاً إلى أن يسكن بحيث يتجه أحد قطبيه نحو الشمال المغناطيسي والقطب الآخر نحو الجنوب المغناطيسي، ويكون محور المغناطيس منطبقًا على خط الزوال المغناطيسي للأرض. فعندما يعلق المغناطيس تعليقًا حرًا أفقيًا فإنه يستقر بحيث يتجه طرف بذاته من طرفيه نحو الشمال دائمًا، ولذلك أطلق عليه اسم القطب الباحث عن الشمال، والذي نسميه اختصارًا القطب الشمالي، كما يسمى القطب الموجود عند الطرف الآخر قطبًا جنوبيًا.

2- المغناطيس له قطبان أحدهما شمالي والآخر جنوبي، ومهما بلغ المغناطيس من القصر فإن له دائمًا قطبين، ويكتب أحيانًا على المغناطيس حرف N على أحد طرفيه، وحرف Sعلى الطرف الآخر، ويعني ذلك أن الطرف الأول هو القطب الشمالي بينما الطرف الآخر هو القطب الجنوبي . وأحيانًا يصبغ القطب الشمالي باللون الأحمر بينما يصبغ القطب الجنوبي باللون الأزرق.

3- تزداد قوة جذب المغناطيس للمواد المغناطيسية عند نقطتين قريبتين من طرفيه، وتسمى كل منهما قطب المغناطيس، ويسمى الخط الواصل بين هاتين النقطتين محور المغناطيس، وتسمى المسافة بينهما الطول الفعال للمغناطيس ويرمز له بالرمز (2 ل)، بينما يسمى البعد بين طرفي المغناطيس الطول الطبيعي للمغناطيس. وعند غمر

مغناطيس في وسط برادة حديد نلاحظ أن البرادة تتجمع عند طرفي المغناطيس، بينما يتجمع مقدار ضئيل جدًا في منتصفه، وتسمى المنطقة المتوسطة بين القطبين من المغناطيس بالمنطقة الحيادية أو منطقة الخمود.

4- الأقطاب المغناطيسية المختلفة تتجاذب والأقطاب المغناطيسية المتشابهة تتنافر.

5- قوتا قطبي المغناطيس الواحد متساويتان.

6- يجذب المغناطيس بعض المواد وتسمى المواد المغناطيسية.

7- قدرة المغناطيس على جذب الأشياء متفاوتة، إذ يجذب المغناطيس الحديد المطاوع بقوة أكبر من قوة جذب الحديد الصلب والنيكل.

8- قوة المغناطيس تنفذ عبر المواد غير المغناطيسية ولا تنفذ عبر المواد المغناطيسية.

9- يفقد المغناطيس مغنطته بالطرق الشديد والتسخين بالحرارة وكذلك بالكهرباء

السلوك الملاحظ بين الأقطاب المغناطيسية يتشابه مع ما يحدث بين الشحنات الكهربائية المتشابهة والمختلفة، ولكن يوجد فرق جوهري بين الأقطاب المغناطيسية والشحنات الكهربائية إذ يمكن فصل الشحنات الكهربائية السالبة عن الشحنات الكهربية الموجبة كما يمكن إنتاج شحنات كهربية منفردة سالبة أو موجبة في حين لا يمكن أن يوجد قطب مغناطيسي منفرد (قطب شمالي أو قطب جنوبي منفرد) فأي محاولة لقطع المغناطيس لنصفين أو أكثر تنتج مغناطيسات أصغر وبقطبين أثنين شمالي وجنوبي. فعندما تقطع المغناطيس إلى نصفين تحصل على مغناطيسين لكل منهما قطبان، ولا يمكن بهذه الطريقة أو غيرها أن تفصل القطب الشمالي للمغناطيس عن القطب الجنوبي له. أي لا يمكن أن نعزل أحد قطبي المغناطيس عن الآخر مهما استمرينا في تقطيع المغناطيس، فكل مغناطيس مهما كان صغيرًا يكون ثنائي القطب.

ووسيلتنا الوحيدة لدراسة تأثير الأقطاب المغناطيسية بعضها على بعض هي استخدام مغناطيسات طويلة، وبذلك يمكن إهمال تأثير الأقطاب البعيدة.

القانون الأساسي في المغناطيسية

عند تقريب قطبين مغناطيسيين متشابهين من بعضهما البعض فإن قوة تنافر تؤثر على كل منهما وتجعلهما يتباعدان عن بعضهما، بينما عند تقريب قطبين مغناطيسيين مختلفين بعضهما من بعضهما فإنهما يتجاذبان ويقتربان من بعضهما. أي أن:

الأقطاب المغناطيسية المتماثلة تتنافر، والأقطاب المغناطيسية المختلفة تتجاذب. في حين أن أي قطب مغناطيسي سواء أكان شماليًا أم جنوبيًا فإنه يجذب نحوه المواد الحديدية التي ليس لها أقطاب. لذلك فالتنافر يلاحظ فقط بين الأقطاب المغناطيسية المتشابهة في المواد الممغنطة.

المجال المغناطيسي (Magnetic Field)

ويسمى أحيانا الحث المغناطيسي وهي قوة مغناطيسية تنشأ في حيز المحيط بالجسم المغناطيسي أو الموصل الذي يمر كهربائي أو بتعبير أبسط يمكن وصفها بأنها المنطقة المحيطة بالمغناطيس ويظهر فيها أثره (على مواد معينة).

إذا وضعت إبرة بوصلة في المجال المغناطيسي ذو قوة ما فإنها توجه نفسها في اتجاه معين في كل جزء من المجال، والخطوط المرسومة في اتجاه الإبرة عند النقط المختلفة تحدد الوضع العام للخطوط التي هي عليها القوة المغناطيسية في المجال.

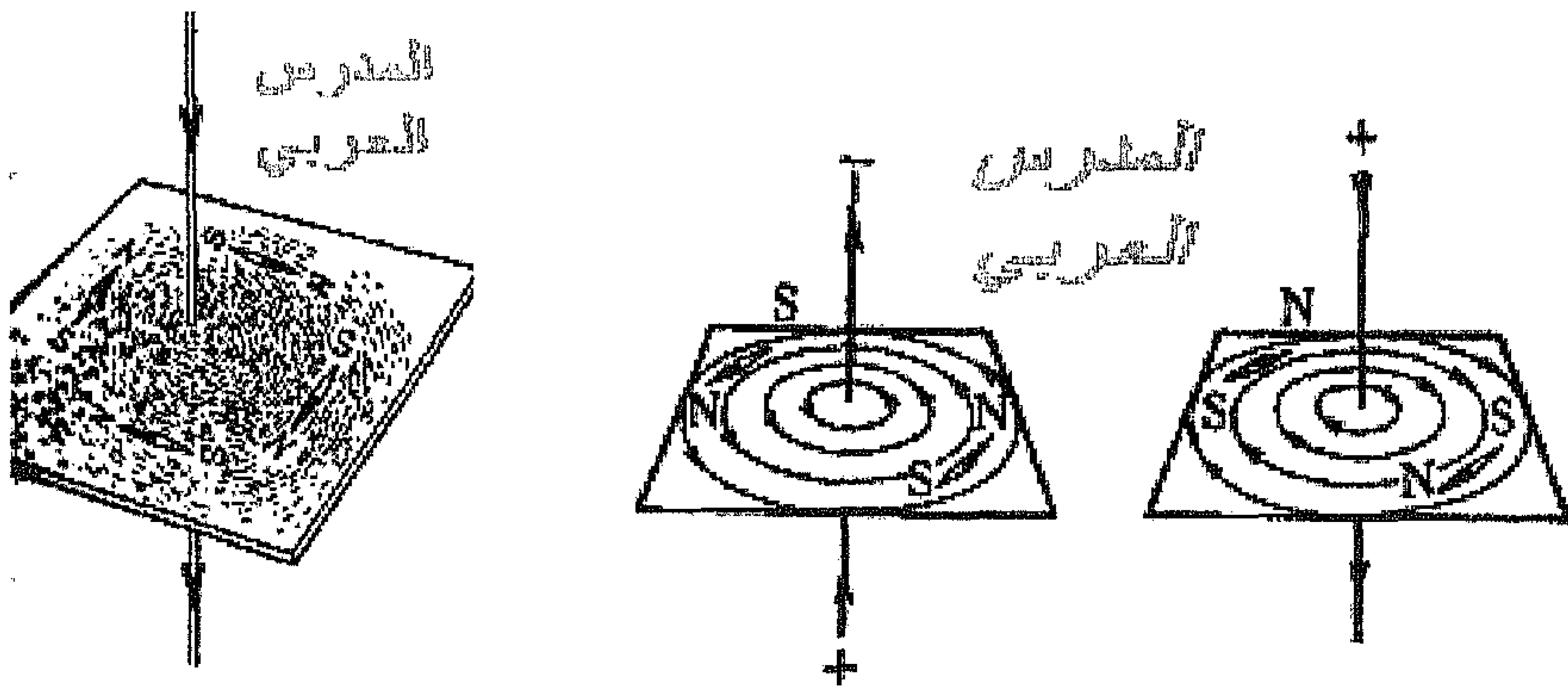
يمكن مشاهدة توزيع المجال المغناطيسي بنثر برادة الحديد على ورقة موضوعة على قضيب مغناطيسي أو ورقة يمر خلالها سلك يمر به تيار كهربائي.

- التيارات الخارجية تتجه من الشمال إلى الجنوب والتيارات الداخلية تتجه من الجنوب إلى الشمال.

ويمكن إنشاء حقل مغناطيسي بتمرير تيار كهربائي بسلك حيث تتشكل دوائر مغناطيسية حول السلك ومركزها السلك نفسه. نستطيع معرفة اتجاهه باستخدام قاعدة اليد اليمنى حيث يشير الإبهام إلى جهة التيار وبقية الأصابع تشير باتجاه الحقل المغناطيسي. ويمكن تكبير مجال الحقل المغناطيسى بواسطة تكبير الذبذبات الخارجة من المادة عن طريق إمرار تيار كهربى من الشمال للجنوب.

المجال المغناطيسي في سلك مستقيم

المجال المغناطيسي لتيار كهربائي مستمر يمر في سلك مستقيم



تعيين اتجاه خطوط المجال حول الموصل :

1. قاعدة قبضة اليد اليمنى : عندما تقبض اليد اليمنى على الموصل بحيث يشير الإبهام إلى اتجاه التيار الكهربائي فإن اتجاه الأصابع الملتفة حول السلك يحدد اتجاه خطوط الفيض المغناطيسي .

2. قاعدة البريمة اليمنى لماكسويل : إذا أدرت بريمة بحيث يشير اتجاه اندفاعها إلى اتجاه التيار فإن اتجاه دوراتها يحدد اتجاه خطوط المجال المغناطيسي (تسمى أيضا هذه القاعدة – قاعدة اللولب اليميني اللف)

3. باستخدام بوصلة مغناطيسية صغيرة : إذا وضعت بوصلة على لوح الورق المقوى الذي يخترقه الموصل فإن الاتجاه الذي يتخذه قطبها الشمالي يدل على اتجاه خطوط الفيض المغناطيسي

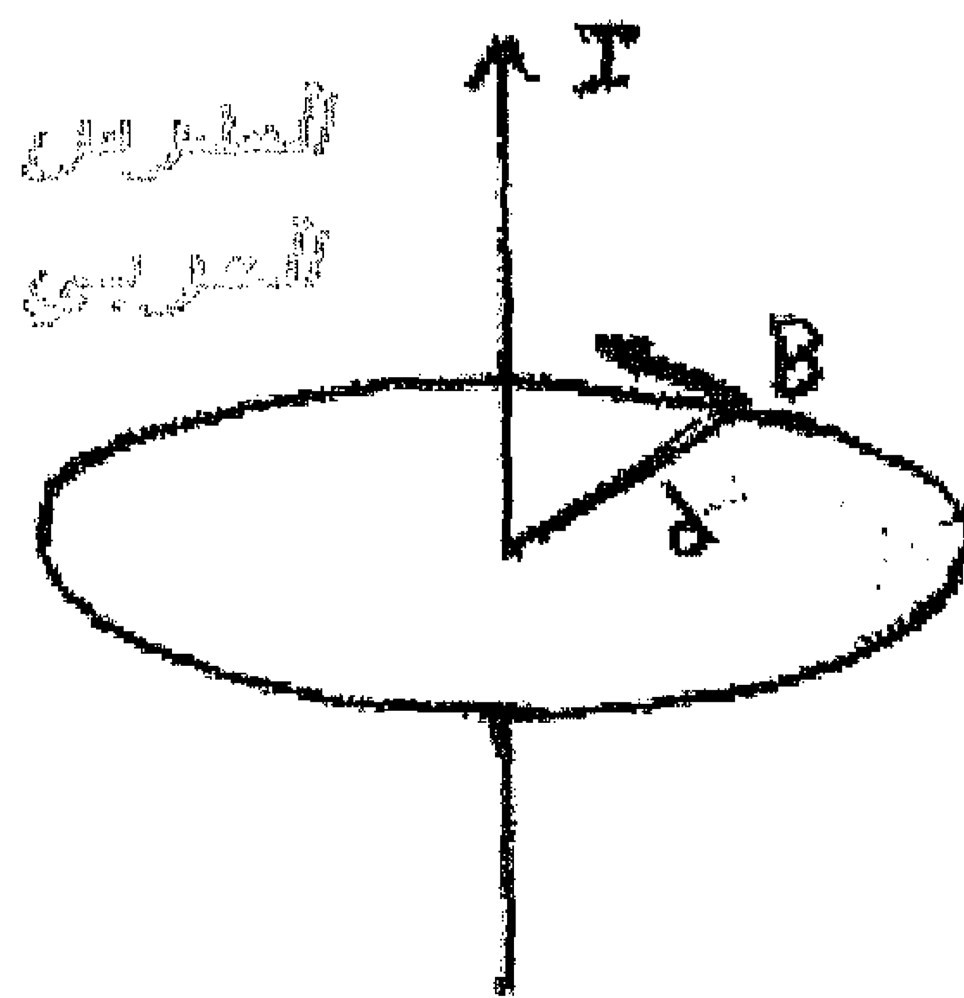
تعيين شدة المجال المغناطيسي عند نقطة بالقرب من السلك

العوامل التي تتوقف عليها شدة المجال المغناطيسي هي :

1. شدة التيار الكهربائي (I) ------- تناسب طردي مع شدة المجال (B αI)

2 بعد النقطة عن السلك (d) ----- تناسب طردي مع شدة المجال (B α1/d)

الاستنتاج



$$\because B \propto I$$
$$\because B \propto \frac{1}{d}$$
$$\therefore B \propto \frac{I}{d}$$
$$\therefore B = C \cdot \frac{I}{d}$$
$$\therefore B = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{I}{d}$$
$$\mu \Rightarrow Magnetic Permeabilty$$

ميو μ ثابت السماحية (النفاذية) للفراغ = $4\pi \times 10^{-7}$ وبر / أمبير . متر

إذا العلاقة في حالة سلك موضوع في الهواء تكتب على الصورة

$$B = 2\times10^{-7}\times\frac{I}{d}$$

عدد العوامل التي تتوقف عليها شدة المجال المغناطيسي لتيار كهربائي يمر في سلك مستقيم طويل واستنتج العلاقة بين هذه العوامل وشدة المجال.

احسب شدة المجال المغناطيسي عند نقطة تبعد في الهواء cm4 عن سلك طويل يسري فيه تيار كهربائي شدته A3

ملاحظات هامة

1 - الدوائر التي تمثل خطوط الفيض المغناطيسي تتزاحم بالقرب من السلك وتتباعد بتباعدها عنه ونستنتج من هذا أن شدة المجال المغناطيسي للتيار تزداد بالاقتراب من السلك وتقل بالابتعاد عنه

2 - بزيادة شدة التيار الكهربي في السلك وإعادة طرق لوح الورق المقوى يزداد تزاحم خطوط الفيض حول السلك حيث تصبح الدوائر أكثر ازدحاما ونستنتج من هذا ان شدة المجال تزداد بزيادة شدة التيار [تناسب طردي]

3 - تسمى العلاقة السابقة قانون أمبير الدائري Ampere's Circuital Law

شدة المجال المغناطيسي داخل ملف حلزوني [لولبي]

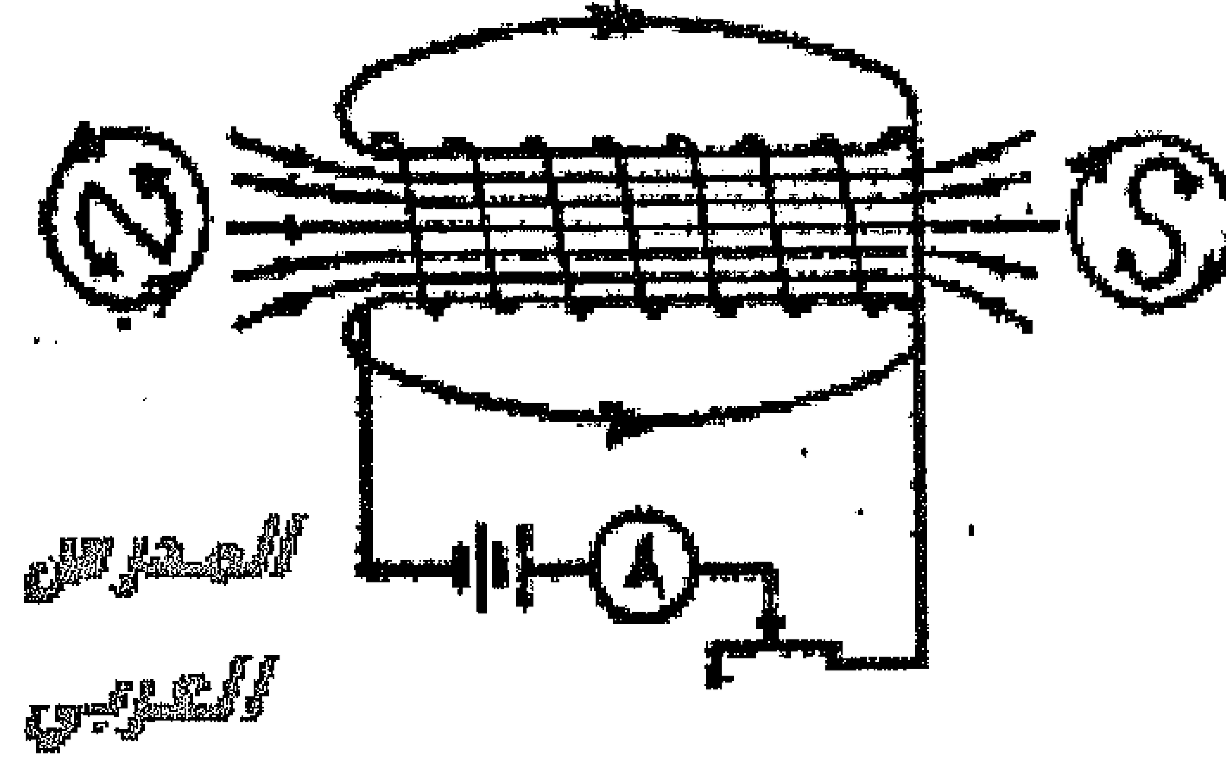
التجربة العملية : تخطيط المجال المغناطيسي لتيار كهربائي يمر في ملف حلزوني

الأدوات : ورق مقوى – بوصلات – سلك معزول – أميتر – مفتاح كهربائي – بطارية– برادة حديد – ريوستات

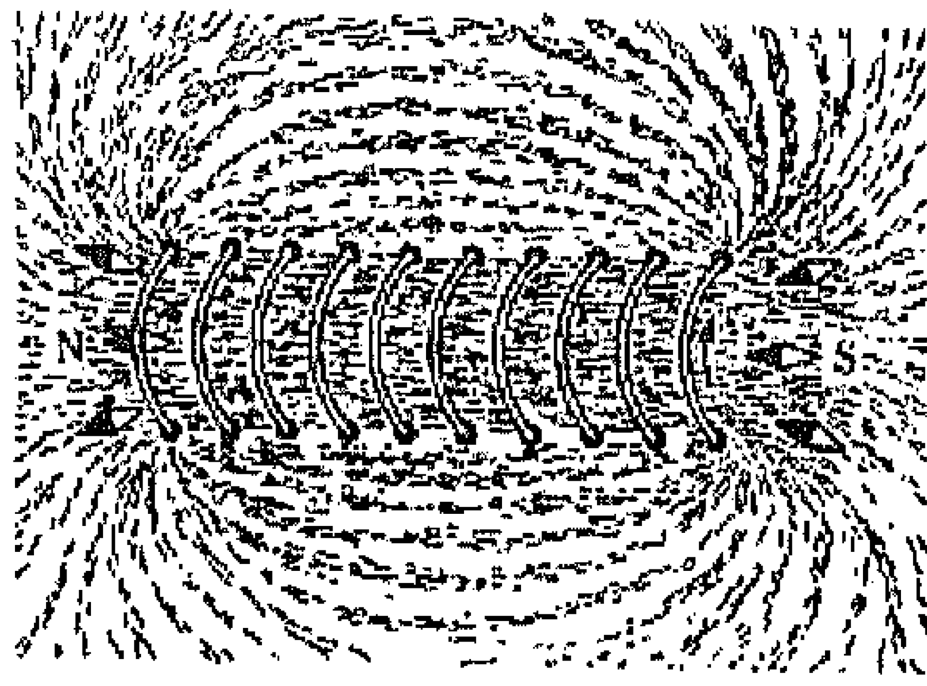
خطوات التجربة

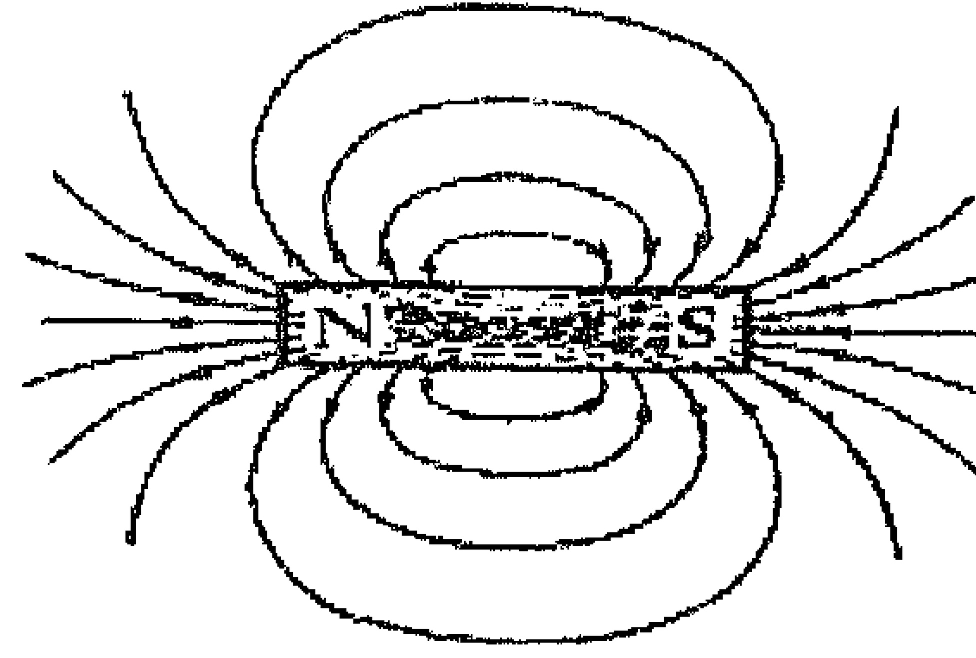
نصل دائرة كما بالرسم

نضع البوصلة عند أحد طرفي الملف ثم نقفل الدائرة



ونلاحظ البوصلة نحرك البوصلة داخل الملف على طول محوره ونلاحظ اتجاه قطبها الشمالي ننقل البوصلة إلى الطرف الثاني للملف ونكرر ما سبق - نعكس اتجاه التيار المار ونكرر ما سبق نفتح الدائرة وننثر برادة الحديد عند طرفي الملف وعلى طول محوره من الداخل وحول الملف ثم نغلق الدائرة ونطرق لوح الورق المقوى طرقا خفيفا ونرسم شكل المجال وندون الاستنتاجات شكل المجال داخل الملف : خطوط مستقيمة متوازية (مجال منتظم) خارج الملف يشبه المجال المغناطيسي لساق ممغنط ويكون المجال ضعيفا جدا اتجاه المجال : في الداخل من الجنوبي إلى الشمالي في الخارج من الشمالي إلى الجنوبي القاعدة المستخدمة : البريمة اليمنى لماكسويل (اللولب يميني اللف) إذا أدرنا رأس البريمة داخل الملف على محوره في نفس اتجاه التيار في الملف يكون اتجاه تقدم البريمة هو نفس اتجاه خطوط المجال داخل الملف

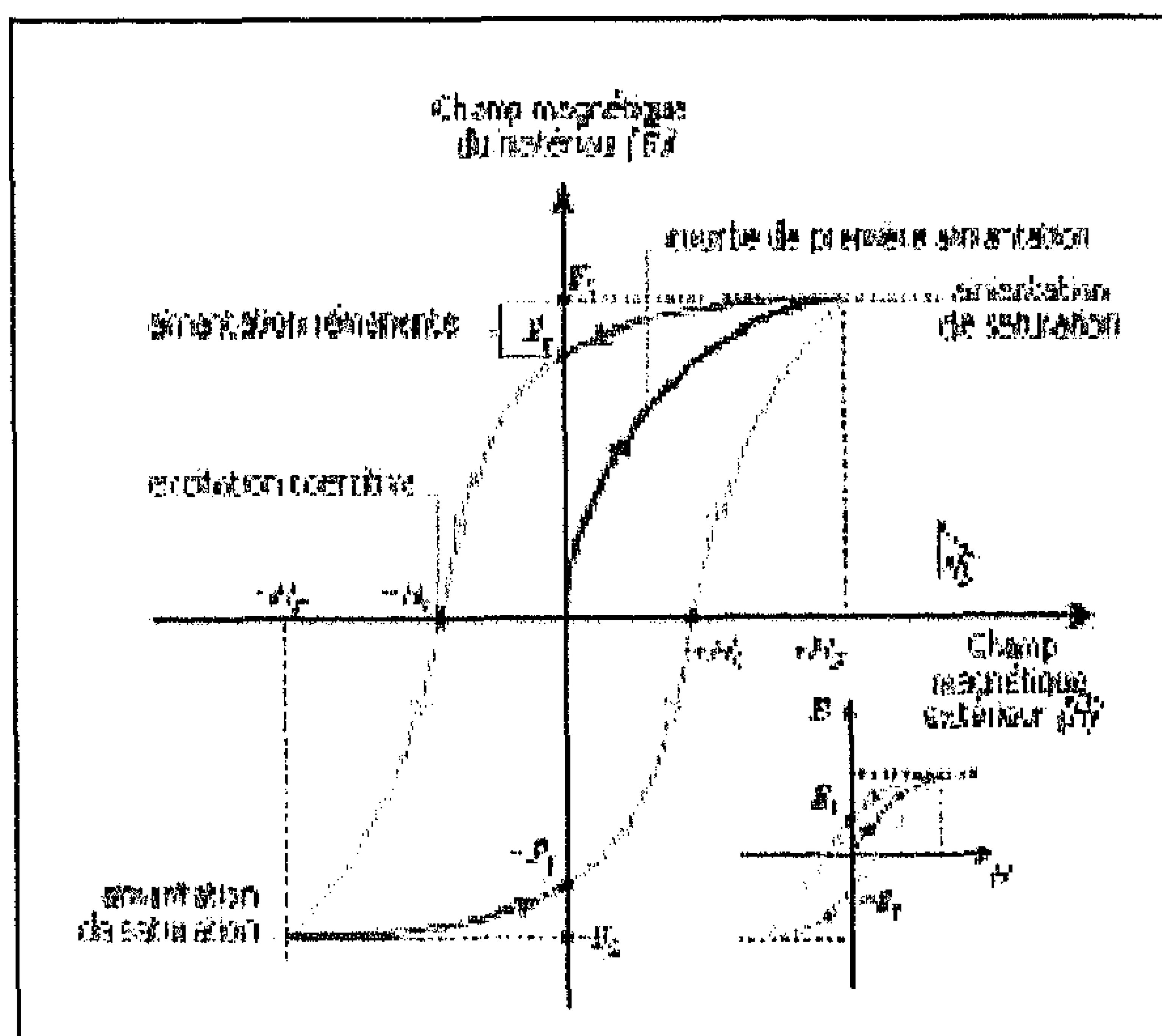




تحديد قطبي الملف طرف الملف الذي يكون فيه اتجاه التيار مع حركة عقارب الساعة يكون قطب جنوبي والطرف الآخر شمالي قاعدة من الخبرة العملية : طرف الملف الذي يدخل إليه التيار تدخل إليه خطوط المجال ويكون جنوبي والعكس للطرف الآخر حساب شدة المجال المغناطيسي داخل الملف.

التخلف المغناطيسي

يعرف التخلف المغناطيسي على انه التخلف الواقع في تغيرات التمغنط خلف تغيرات المجال المغناطيسي، فعند زيادة المجال المغناطيسي H يزيد ايضا الحث المغناطيسي B . ويبين الشكل ادناه منحنى التخلف المغناطيسي .



الفرق بين المغناطيس و المواد الأخرى

في المغناطيس تترتب جزيئات المادة في اتجاه واحد و لكن في جزيئات المادة غير المغناطيسية لا تترتب المادة و تكون مبعثرة. المغنطيس بالإنجليزية يسمى magnet

النفاذية (كهرومغنطيسية)

النفاذية المغناطيسية هي قيمة مدى امكانية تدفق خطوط المجال المغناطيسي في وسط ما، و تزداد سهولة تدفق خطوط المجال المغناطيسي بازدياد نفاذيته و العكس صحيح، رياضيا تمثل النفاذية المغناطيسية نسبة كثافة التدفق المغناطيسي إلى شدة المجال المغناطيسي و وحدة النفاذية هي هنري(وحدة) لكل متر و نفاذية الفراغ تساوي

μ0 = 4π×10−7 هنري لكل متر .

$$\mathbf{B} = \mu \mathbf{H}$$

B هي كثافة التدفق لمغناطيسي تسلا و H هي شدة المجال المغناطيسي أمبير لكل متر

وتزداد النفاذية في المواد التي تستعمل في المغناطيس مثل الحديد التي تبلغ قابليته المغناطيسية 700 درجة و أيضا النيكل و درجة قابليته 100

$$\chi_m = \mu_r - 1$$

μr هي النفاذية النسبية و X هي القابلية المغناطيسية

رمز الكمية	الكمية	الواحدة	رمز الواحدة	الأبعاد
الوحدت الكهومغناطيسية القياسية				
I	التيار	أمبير (وحدات قياسية)	A	A
Q	شحنة كهربائية ,كمية الكهرباء	كولوم	C	A·s
V	فرق الجهد	فولت	V	J/C = $kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
R، Z، X	مقاومة، معاوقة، مفاعلة بالترتيب	أوم	Ω	V/A = $kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
ρ	مقاومية	أوم متر	Ω·m	$kg \cdot m^3 \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
P	القدرة الكهربائية	واط	W	V·A = $kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$
C	سعة كهربائية	فاراد	F	C/V = $kg^{-1} \cdot m^{-2} \cdot A^2 \cdot s^4$
F^{-1}	مرانة	مقلوب الفاراد	F^{-1}	$kg \cdot m^2 \cdot A^{-2} \cdot s^{-4}$
ε	سماحية	فاراد لكل متر	F/m	$kg^{-1} \cdot m^{-3} \cdot A^2 \cdot s^4$
Y، G، B	مسامحة ,مواصلة، مطاوعة	سيمنز	S	Ω^{-1} = $kg^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^3 \cdot A^2$
σ	موصلية	سيمنز في متر	S/m	$kg^{-1} \cdot m^{-3} \cdot s^3 \cdot A^2$
ϕ	تدفق مغناطيسي	فيبر	Wb	V·s = $kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
B	كثافة التدفق المغناطيسي أو المجال المغناطيسي	تيسلا	T	Wb/m^2 = $kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
H	شدة المجال المغناطيسي	أمبير لكل متر	A/m	$A \cdot m^{-1}$
$\mathfrak{R}$	ممانعة	أمبير لكل فيبر	A/Wb	$kg^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^2 \cdot A^2$
L	تحريض مغناطيسي	هنري	H	Wb/A = V·s/A = $kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
μ	**نفاذية**	هنري على متر	H/m	$kg \cdot m \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
χ	قابلية مغناطيسية	(بلا أبعاد)	χ	-

تعاريف هامه

المغناطيس: هو عبارة عن قطبين متساويين في الشدة مختلفين في النوع.

القطب المغناطيسي: هو المنطقة التي تتركز فيها قوة الجذب المغناطيسي .

محور المغناطيس: هو المستقيم المار على امتداد المغناطيس والمار بالقطبين .(الواصل بين الطرفين)

المجال المغناطيسي :هو المنطقة المحيطة بالمغناطيس و تظهر فيها آثاره المغناطيسية.

القانون الأساسي في المغناطيسية: الأقطاب المتشابهة تتنافر والأقطاب المختلفة تتجاذب.

الحجب المغناطيسي :هي ظاهرة حجب الأثر المغناطيسي من الوصول إلى قطعة الحديد نتيجة نوع الوسط الفاصل بينهما وهو عادة مادة مغناطيسية.

حالة التشبع : هي حالة تصل فيها المادة المغناطيسية وتصبح عندها عديمة القدرة على التمغنط أكثر بسبب تمغنط أكبر عدد من ذرات المادة المغناطيسية.

شدة المجال المغناطيسي : يقدر بالقوة المؤثرة على قطب شمالي مفرد حر الحركة موضوع عند نقطة ما .

اتجاه المجال امغناطيسي : هو الاتجاه الذي يسلكه قطب شمالي مفرد حر الحركة في مجال.

خط القوة المغناطيسية: هو المسار الذي يسلكه قطب شمالي مفرد حر الحركة في مجال.

نقطة التعادل

هـي النقطـة التـي يكـون فيهـا محـصلة المجـالات المغناطيـسية تـساوي صـفر (منعدمة)وهي نقطة تـأثير مجـالين مغناطيـسيين متـساوين في الـشدة مختلفـين في الاتجـاه. وهي نقطة تقع في منتصف المغناطيس وتكون النقطة خالية من الخطوط المغناطيسية.

حفظ المغناطيسيات

تحفظ المغناطيسيات أزواجا في صناديق خشبية، بحيث تكون الأقطـاب المختلفـة في جهة واحدة حيث تقفل الدائرة المغناطيسية بقطعة حديد تسمى الحافظة والتي تـصنع مـن الحديد المطاوع .

المجال المغناطيسي المنتظم :

هو المجال الذي شدته تتساوى عند جميع نقاطه واتجاهاته واحدة (متوازية)

القوة المغناطيسية :

هي القوة المتبادلة بين سلكين يمر في كل منهما تيار شدته 1 أمبير و المسافة بينهما 1 م.

قانون التربيع العكسي في المغناطيسية :

قوى التجاذب أو التنافر بين قطبين تتناسب عكسيا مع مربع المسافة بينهما.

قانون كولوم في المغناطيسية

قانون كولوم القوة المتبادلة بين قطبي مغناطيس تتناسب تناسبا طرديا مـع حاصـل ضرب شدة كل من القطبين وعكسيا مع مربع المسافة بينهما .

وحدة شدة الأقطاب : هي شدة ذلك القطب الذي اذا وضع على بعد (1م) من قطب آخر مساوٍ له في الشدة كانت القوة بينهما = 10-7 نيوتن.

الحث المغناطيسي عند نقطة :

هو مقدار القوة المؤثرة على وحدة قطب شمالي موضوع عند تلك النقطة .

طرق فقد المغنطة

- بالطرق الشديد .
- بالتسخين لدرجة حرارة عالية .
- باستخدام تيار كهربي (متردد: حيث يتم بعثرة المغناطيسيات الأولية)

العوامل المؤثرة في فقط المغناطيس مغنطته:

- أثر المغناطيسيات الأخرى .
- الاهتزازت الناشئة من المباني والمنشآت المحيطة بها.

الفيض المغناطيسي :(Φ)

هو عدد خطوط القوى المغناطيسية الكلي التي تمر خلال مساحة ما في المجال. تقديره بوحدة الوبر.

الوبر

هو الفيض المغناطيسي الذي كثافته (1) تسلا أو (1وبر/ م2) عندما يؤثر عموديا على سطح مساحته1 م2 .

كثافة الفيض المغناطيسي

هو عدد خطوط الفيض المغناطيس التي تؤثر عموديا على مساحة ما. تقديره بوحدة تسلا .

التسلا :

هي كثافة الفيض المغناطيسي عندما يكون مقدار الفيض (واحد وبر) ويؤثر على مساحة مقدارها (1م2).

وصلية الفيض

هي حاصل ضرب عدد لفات الملف في الفيض المغناطيسي لكل لفة.

وصلية الفيض = عدد لفات الملف × الفيض الكلي

وصلية الفيض = نϕ ×

وصلية الفيض = ن × ب × س وبر. لفة

عدد اللفات = ن

النفاذية المغناطيسية لمادة:

هي خاصية في بعض المواد المغناطيسية تدل على قدرة المادة عيل تجميع أو تركيز وتنظيم خطوط المجال المغناطيسي و يالتالي تتحول هذه المواد إلى مغناطيس.

النفاذية المطلقة للمادة : (μ)

هي النسبة بين كثافة الفيض (ب) إلى شدة المجال المغناطيسي (ث) .

النفاذية المطلقة للمادة = (μ)

النفاذية النسبية للمادةμ

هي النسبة بين النفاذية المطلقة للمادة (μ) والنفاذية المطلقة للهواء. (μ°)

مواد فيرومغناطيسية:

معامل نفاذيتها علي جداً، حيث تجمع وتركز خطوط الفيض و بالتالي تتمغنط مغناطيسياً مثل : الحديد....

مواد بارا مغناطيسية:

معامل نفاذيتها اكبر من الواحد، ولا تحدث تغير ملحوظ في شدة المجال و اتجاهه تتمغنط تمغنط ضعيف.

مثل Al - Pt

مواد دايا مغناطيسية

معامل نفاذيتها اقل من الواحد، فإذا وضعت في مجال مغناطيسي فإن الذرات تترتب في اتجاه معاكس للمجال المؤثر عليها، لذلك لا تتمغنط.

درجة حرارة كوري

هي درجة الحرارة التي يجب تسخين السبيكة المغناطيسية حتى تفقد مغنطتها .

زاوية الميل

هي الزاوية المحصورة بين المجال المغناطيسية للأرض والمستوى الأفقي .

خط الزوال الغناطيسي

هو الخط الواصل بين القطبين المغناطيسيين.

خط الزوال الجغرافي هو الخط الواصل بين القطبينا لجغرافيين.

زاوية الانحراف هي الزاوية المحصورة بين مستوى الزوال الجغرافي ومستوى الزوال المغناطيسي .

فائدتها

معرفة الاتجاهات الأصلية الأربع .

المركبة الأفقية لمجال الأرض:

هي القوة الأفقية للمجال الكلي للأرض و التي تؤثر على الابر المغناطيسية و المغناطيسيات حرة الحركة في مستوى أفقي وتجعلها في خط الزوال الامغناطيسي للأرض.

هـ = ح × جتاΘ

عزم الازدواج

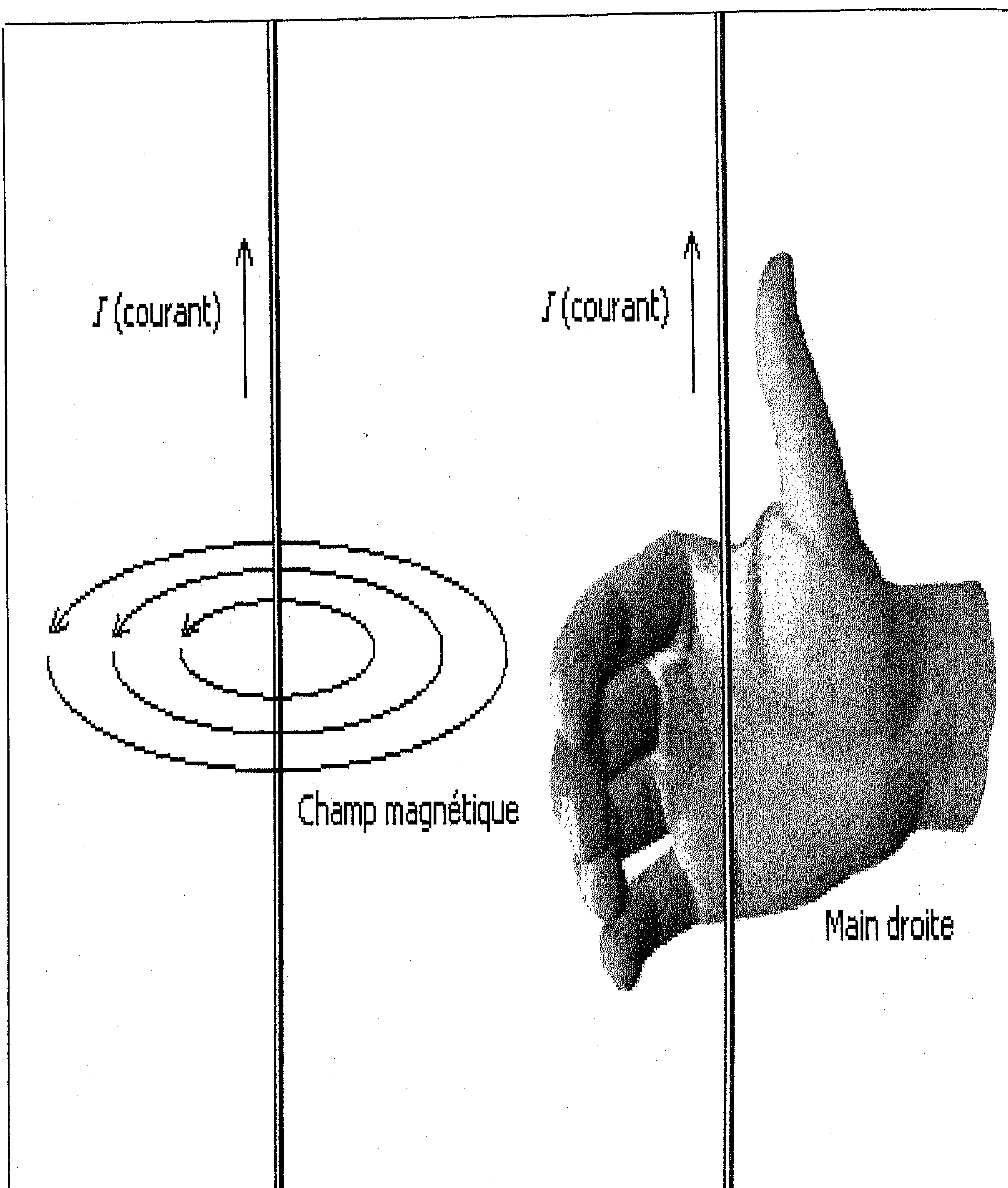
قوتان متوازيتان متساويتان في الشدة و مختلفتان في الاتجاه.

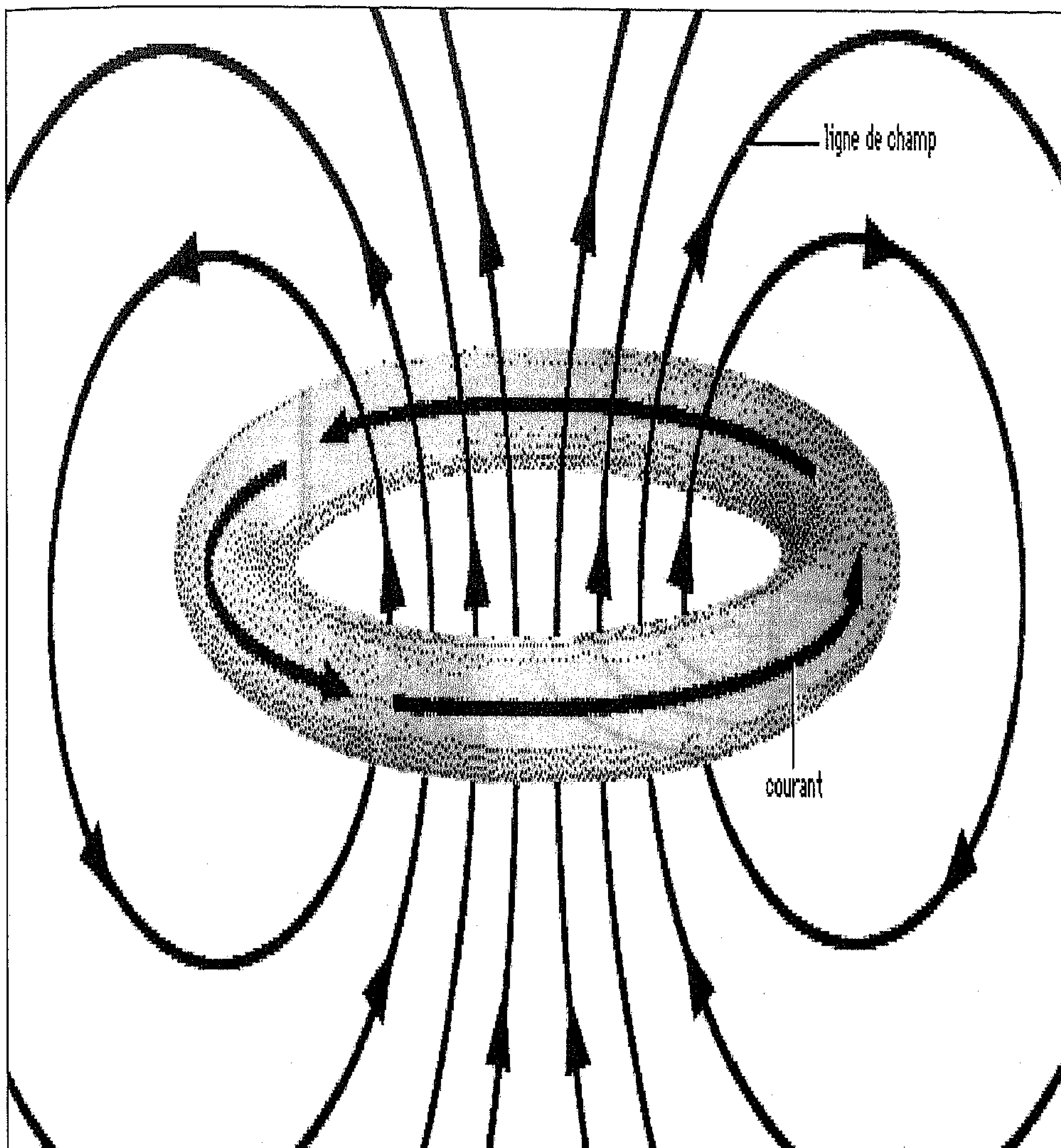
عزم الازدواج = ش × ب × 2ل × حاΘ

عزم المغناطيس

هو عزم ازدواج يؤثر على مغناطيس عمودي على مجال كثافته = 1 تسلا.

عزم المغناطيس = 2ل × ش


I (courant)
I (courant)
Champ magnétique
Main droite

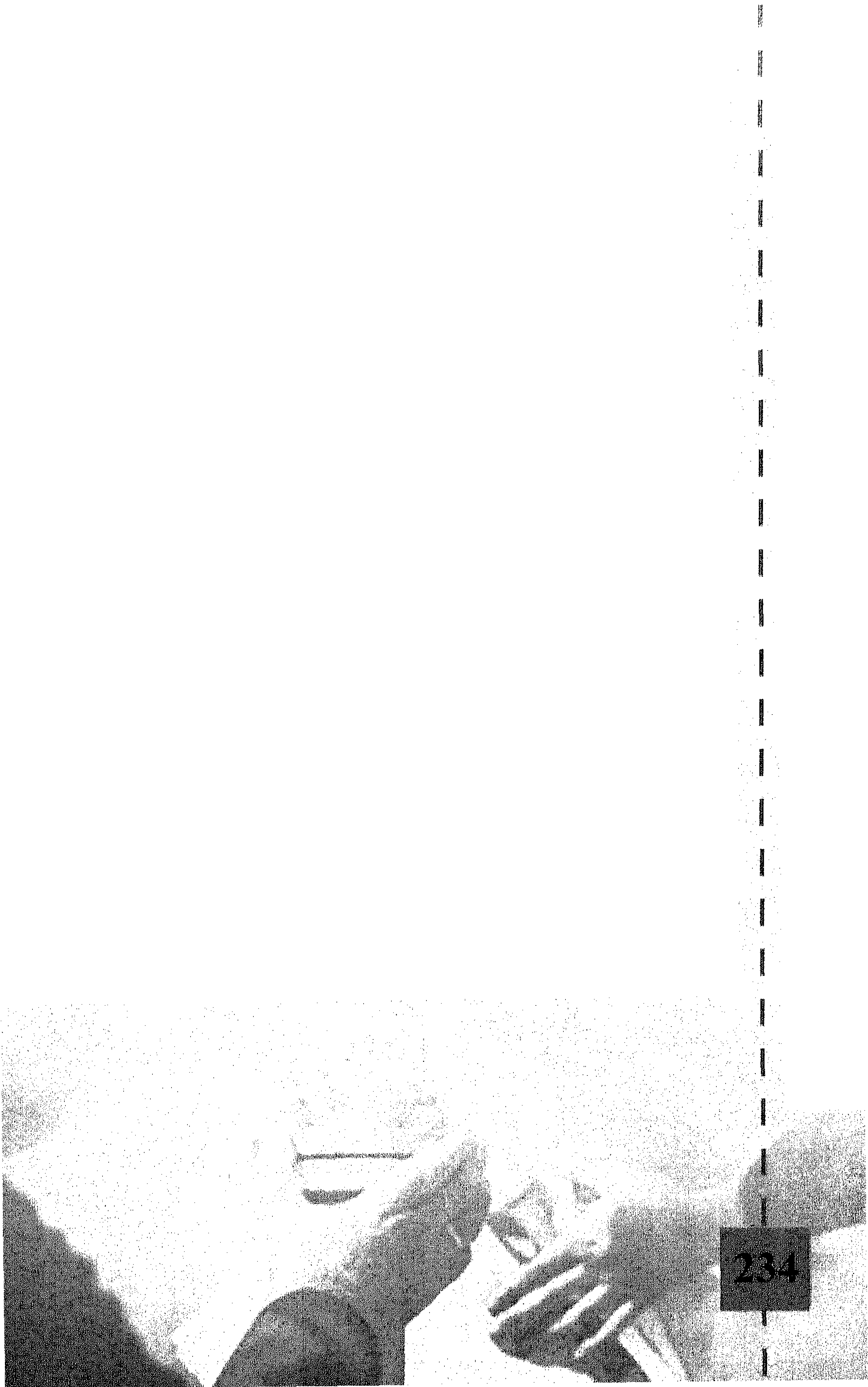

ligne de champ
courant

7

الوحدة السابعة

التحكم بالخواص الميكانيكية للمواد بواسطة المعالجات الحرارية

Control of mechanical properties by heat treatment



التحكم بالخواص الميكانيكية
للمواد بواسطة المعالجات الحرارية

مفهوم المعالجة الحرارية و أنواعها

وتعني استخدام احد أساليب المعالجة الحرارية لتحسين خواص المعدن وأهدافها:

1- زيادة الصلادة السطحية للمعدن.

2- رفع قيم المتانة للخليطة المعدنية.

3- تحسين خواص المطيلية للخليطة المعدنية.

4- تطرية الخليطة المعدنية بهدف إخضاعها لعمليات التشغيل اللاحقة.

5- إزالة الاجهادات الداخلية الناتجة عن عمليات التشكيل المختلفة أو عمليا اللحام.

6- الحصول على بنية بلورية منتظمة و متجانسة.

7- التخفيف من الآثار الضارة لبعض الغازات في الخلائط المعدنية.

مفهوم المعالجة الحرارية و عناصرها الأساسية:

المعالجة الحرارية هي تسخين المادة و تبريد و هي في الحالة الصلبة وفقا لنظام معين و محدد مسبقا (أي يتم التسخين إلى درجة حرارة محددة و الإبقاء عند هذه الدرجة لفترة زمنية محددة ثم التبريد اللاحق) و ذلك بهدف إحداث تغيير معين في كل من البنية البلورية للقطعة المراد معالجته حراريا خواصها الفيزيائية و الميكانيكية.

وتتألف لمعالجة الحرارية من العوامل الأساسية التالية:

- التسخين
- زمن الإبقاء
- التبريد.

1- التسخين

توضع عادة القطعة المراد معالجتا حراريا في فرن درجة حرارته هي درجة الحرارة المراد تسخين القطة إليها،و بهذا الشكل يتلامس السطح الخارجي للقطعة مع الجو الساخن للفرن و يحدث نتيجة ذا التلامس تسخين القطعة نتيجة امتصاصا للحرارة، إلا أن مقدرة هذه القطعة على امتصاص الحرارة يتعلق بعاملين أساسيين و هما

-تمتع القطعة بسطح قابل لامتصاص الحرارة،

- تمتع مادة القطعة بناقلية حرارية جيدة كي تصل الحرارة إلى داخل القطعة.

2- الإبقاء

يكمن الهدف من إبقاء القطعة المراد معالجتها حراريا لفترة زمنية محددة عند درجة الحرارة المطلوبة فيما يلي:

1-أن يتم تسخين كامل القطعة (لب القطعة و طبقاتها السطحية) إلى درجة حرارة الفرن.

2-أن تتم جميع التغيرات الصلبة المنتظر حدوثا في البنية البلورية للقطعة.

3- التبريد

بعد الانتهاء من العمليتين أنفتي الذكر يجب أن تخضع القطعة المعالجة إلى التبريد و يختلف نوع التبريد المطبق و سرعته باختلاف نوع الخليطة المعدنية المراد معالجتها و طريقة المعالجة الحرارية المتبعة .

و يمكن أن يتم التبريد داخل الفرن نفسه بعد إيقاف التسخين،أو أن يتم التبريد داخل رمال ساخنة أو أحواض ملحية مصهورة أو في أوساط تؤمن سرعات تبريد عالية (الهواء المضغوط،الزيوت المعدنية،الماء الساكن أو الجاري) و تطبق الأخيرة على الخلائط الفولاذية بشكل خاص.

تصنيف المعالجات الحرارية

1- التخمير من الدرجة الأولى

عبارة عن معالجة حرارية تكمن في تسخين الخليطة الموجودة في حالة عدم استقرار (ناتجة عن معاملة مسبقة لهذه الخليطة (وتحويلها إلى حالة توازن استقرار).

2- التخمير من الدرجة الثانية

عبارة عن معالجة حرارية تكمن في تسخين الخليطة لدرجة حرارة أعلى من درجة حرارة التحولات الطورية من ثم تبريدها ببطء، ذلك بهدف الحصول على حالة توازن لهذه الخليطة .

3- السقاية

عبارة عن معالجة حرارية تكمن في تسخين الخليطة لدرجة حرارة أعلى من درجة حرارة التحولات الطورية من ثم تبريدها سريعا، ذلك بهدف الحصول على حالة عدم توازن لهذه الخليطة.

4- التطبيع (الإرجاع)

عبارة عن معالجة حرارية تكمن في تسخين الخليطة المسقاة لدرجة حرارة اقل من درجة حرارة التحولات الطورية من ثم تبريدها ببطء، ذلك بهدف الحصول على حالة

توازن لهذه الخليطة. ويضاف إلى الأنواع الأربعة الرئيسية من المعالجات الحرارية نوعان آخران من المعالجات و هما:

1- المعالجة الكيميا حرارية: و كمن في تسخين المعدن الموجود في أوساط كيميائية معينة وذلك بهدف تغيير التركيب الكيميائي للطبقات الخارجية لهذا المعدن و بنيتها البلورية.

2- المعالجة الميكاحرارية: و تكمن في إحداث انفعالات لدنة في المعدن تسبق معالجته حراريا (أو تتبعها) بهدف تغيير الشكل الخارجي للمعدن و بنيته البلورية

تحديد زمن الإبقاء

يتألف زمن التسخين الكلي (τ) من زمن التسخين لدرجة الحرارة المطلوبة(hτ) و زمن الإبقاء(sτ) عند هذه الدرجة من الحرارة، أي أن τ = τsτ + h: يتعلق زمن التسخين بكل من مقدرة وسط التسخين و شكل القطعة المراد معالجتها و أبعادها و كيفية توضع داخل فرن المعالجة،بينما يتعلق زمن الإبقاء بكل من سرعة التحولات الطورية و نوع البنية الأولية للفولاذ .قابلية الفولاذ للتقسية: تعرف قابلية الفولاذ للتقسية على أنها عمق الطبقة المقساة (أي المسافة من سطح القطعة إلى الطبقة التي تكون بنيتها البلورية مارتنسيتية . وواضح من الشكل انه كلما انخفضت قيم سرعة التبريد الحرجة ازداد عمق الطبقة المقساة. وبهدف إجراء التقييم العملي لقابلية التبلور عند الفولاذ) أي معرفة عمق الطبقة التي ستتحول بنيتها إلى بنية مارتنسيتية) يستخدم ما يسمى القطر الحرج Dcrit وهو القطر الأعظم لمحور فولاذي يمكن سقايته على كامل مقطعه في وسط تبريد معين.

الاجهادات الداخلية في الفولاذ بعد معالجته حراريا

اجهادات من النوع الأول

يمكن لهذه الاجهادات أن تظهر بين مناطق مختلفة من مقطع القطعة المعالجة حراريا من جهة و يمكن لها أن تظهر بين أجزاء مختلفة من هذه القطعة و كلما ازداد مقدار التدرج الحراري عبر مقطع القطعة ارتفعت قيم هذه الاجهادات،إذ يتعلق هذا التدرج بكل من سرعة التبريد و أبعاد القطعة و عوامل أخرى كثيرة.

اجهادات من النوع الثاني

وتظهر هذه الاجهادات داخل الحبيبة الواحدة و على الحدود الفاصلة بين الحبيبات المتجاورة .و تظهر بسبب تباين قيم معاملات التمدد الحراري لهذه الأطوار.

اجهادات من النوع الثالث

و يمكن أن تظهر هذه الاجهادات داخل حجم لا تتعد أبعاده بضع خلايا بلورية،فعندما تذوب ذرة ما ذوبانا صلبا في الهيكل الشبكي للمعدن المعالج حراريا،فان هذه الذرة تحدث حولها انحرافات مرنة لهذا الهيكل الشبكي مما يؤدي لظهور اجهادات في هذا الهيكل و الهياكل المجاورة له.

تعد الأشعة السينية الطريقة الرئيسة المستخدمة في دراسة الاجهادات الداخلية وقياسها.

العيوب التي تحدث في القطع الفولاذية عند سقايتها

1- عدم تحقيق القساوة المطلوبة.

2- وجود بقع طرية على سطح القطعة الفولاذية المقساة

3- تمتع الفولاذ المقسى بهشاشية مرتفعة.

4- تأكسد سطح القطعة الفولاذية أو نزع الكربون من الطبقات السطحية لهذه القطعة خلال عملية المعالجة.

5- التواء القطعة الفولاذية المسقاة أو تعرضها للتشوهات أو حدوث تشققات فيها

ومن أهم أنواع المعالجة الحرارية للفولاذ السقاية السطحية للفولاذ:

المعالجات السطحية للفولاذ

تستعمل إحدى طرق المعالجة السطحية للفولاذ عندما نحتاج إلى قطعة ما تمتاز بسطح قاس مقاوم للاحتكاك و التآكل و بلب متين مرن و غير هش لذلك نعتمد في هذه الحالة إلى تقسية سطح القطعة فقط مع المحافظة على بنية وسطها البرليتية و بما إن إمكانية التقسية تقتصر على أنواع الفولاذ الغنية نسبيا بالكربون لذلك فإننا نميز نوعين من المعالجات السطحية: المعالجات الحرارية ، المعالجات الكيميائية الحرارية:

المعالجات الحرارية للسطح:

وتقتصر على عملية التقسية العادية أي تحويل البنية إلى بنية مارتنسيتية لسطح قطع الفولاذ الحاوي على بنية من الكربون تسمح بتقسيته و ذلك بتسخين السطح بحيث تتحول البنية فيه ولعمق محدود إلى اوستنيت ثم تبريده تبريدا سريعا بسرعة تفوق السرعة الحرجة للفولاذ .و باختلاف طرق التسخين نميز طريقتين للسقاية أو التقسية السطحية هما الأكثر إتباعا في هذا النوع من المعالجة هما التقسية باللهب و التقسية بالتحريض.

التقسية باللهب

يستعمل لهذه الغاية لهب ذو درجة حرارة مرتفعة و ذلك كي يتم تسخين السطح بسرعة و قبل أن يسخن داخل القطعة يتحول بدوره إلى اوستنيت ثم يبرد السطح تبريدا مفاجئا و غالبا ما يستعمل الماء في التبريد .و أفضل لهب يصلح لهذه الغاية هو اللهب الناتج عن احتراق الاستيلين بالأوكسجين الصافي حيث تصل درجة حرارة هذا اللهب إلى 3000 مئوية وذلك عند مزج هذين الغازين بنسبة ملائمة (استيلين: أوكسجين = 1:1 أو 1:1.5) والفترة الزمنية اللازمة للتسخين تتعلق بسماكة الطبقة أو القشرة المراد تقسيتها و يحسب الزمن اللازم عادة من العلاقة التالية $T=7X*X$: حيث T الزمن اللازم مقدرا بالثواني و X سماكة الطبقة المراد تقسيتها بالمليمتر . الحراقات أو الرؤوس المستعملة للتسخين تختلف باختلاف شكل القطع المراد معالجتها فإما أن تكون هذه الرؤوس على شكل أنابيب مستوية مثقبة (لتقسية سطوح القطع المستوية) أو على شكل حلقات مثقبة (لتقسية سطوح المحاور والقطع الاسطوانية) أو غير ذلك . كما إن هذه الرؤوس يمكن أن تكون ثابتة حيث تمرر القطع من تحتها أو من داخلها أو متحركة بحيث تمر فوق أو حول القطع المعالجة .إما رؤوس التبريد في تتبع في شكلها شكل رؤوس التسخين و تثبت على مسافة معينة منها تختلف باختلاف درجة حرارة اللهب المستعمل. إما سرعة انتقال القطعة أو الحامل الذي يحمل كل من رأسي التسخين والتبريد فتتعلق بسماكة الطبقة المراد تقسيتها. ولتخفيف الاجهادات في سطح القطعة و الناجمة عن معالجتها بهذه الطريقة ترجع عادة بإعادة تسخينها إلى درجة حرارة منخفضة (150-200 مئوية).

التقسية بالتحريض

إن الفرق بين هذه الطريقة و الطريقة السابقة هو انه يستعمل بدل اللهب المستعمل في التسخين تيار كهربائي عالي التردد واهم مميزات هذه الطريقة أن السطح المعالج بالتحريض يكون أكثر تجانسا من المعالج باللهب كما إن هذه الطريقة أكثر صلاحية للإنتاج الكمي و أكثر قابلية لجعلها طريقة أوتوماتيكية.

ويعتمد التسخين في هذه الطريقة على مبدأ التحريض أي انه إذا مررنا تيارا متناوبا في وشيعة ما فإن ساحة مغناطيسية متغيرة سوف تنشأ حول هذه الو شيعة و إذا وضعنا ناقلا مغلقا في هذه الساحة فإن تيارا سوف يجري في هذا الناقل توتره يختلف باختلاف تردد التيار الأصلي .و تيار التحريض الناتج يعمل على تسخين القطعة المار فيها و كلما ازدادت شدة هذا التيار ازدادت كمية الحرارة الناتجة عن التحريض.

إن شدة هذا التيار أو بالأحرى كثافته تكون اكبر ما يمكن عند سطح القطعة و تتناقص باتجاه الداخل تناقصا لوغاريتميا وذلك حسب العلاقة التالية Jx=J0*e-x/δ: أي إن تركيز المحلول السائل ينزلق على الخط المنحني AC حتى النقطة C عندئذ يتم تجمد الكمية الباقية من المحلول في درجة حرارة ثابتة و بشكل يوتكتيك ثنائي الطور حسب التفاعل التالي LIG(C)→(γ-FE)e+FE3Cf :أي إن الطورين المشكلين لليوتكتيك هما حديد γحسب تركيز النقطة E و كربيد الحديد (سمنتيت) الذي ينطبق بتركيزه على النقطة . F ويتم هذا التفاعل في درجة حرارة 1140 درجات مئوية،و بمساعدة قانون العتلة نستطيع حساب كمية اليوتكتيك المتوقع تكونها بعد معرفة نسبة الكربون في الخليطة أو بالعكس .فإذا فرضنا نسبة الفحم فإن كمية اليوتكتيك المنتظرة في الخلائط الهيبويوتكتيكية (الماتحت اليوتكتيكية) هيEUT=X-2.06/4.3-2.06: و يسمى اليوتكتيك

المكون من الأوستنيت و الكربيد بالليديبوريت أما الخلائط التي تزيد فيها نسبة الكربون عن 4.3٪ أي الواقعة بين 4.3 %و 6.7٪

والتي تسمى بالخلائط الهيبريوتكتيكية فإن البلورات الأولية فيها والتي تبدأ بالتشكل عند المنحني CD هي بلورات كربيد الحديد الأولية التي بانفصالها أيضا تقل نسبة الكربون في المحلول السائل الذي يتغير تركيزه حسب المنحني CD حتى يصل في النهاية إلى النقطة C حيث يتم التفاعل اليوتكتيكي السابق بنفس الشكل و مكونا من نفس الطورين .وتحسب كمية اليوتكتيك في هذه الخلائط من المعادلة التالية

EUT=6.67-X/6.67-4.3

من بين الخطوط الصلبة أي المشيرة إلى انتهاء التجمد يعد الخطAE أو بالأحرى JE غير موثوق كما إن وضع النقطة E لا يزال غير ثابت و تعد في الوقت الحاضر واقعة عند نسبة الكربون0٪2.06

المعالجة الكيمياحرارية للسطح (التغليف)

في هذا النوع من المعالجات نعمد إلى تغيير التركيب الكيميائي للقشرة السطحية للفولاذ و ذلك عن طريق الانتشار و بهذا نعمل على تغيير خواص الطبقة السطحية و جعلها تختلف عن لب القطعة بإضافة احد العناصر السبائكية على السطح و التي من شأنها أن تغيير في الخواص الميكانيكية للفولاذ.والمعالجات الكيميائية السطحية رغم اختلاف أنواعها تشترك في الخطوط الرئيسية و التي يمكن تلخيصها بما يلي:

1- وضع القطعة المراد معالجة سطحها في وسط صلب أو مائع أو غازي يحتوي على العنصر المراد إضافته بشكل حر أو على شكل مركب كيميائي قابل للتفكك .

2- رفع درجة حرارة القطعة مع الوسط المحتوي على العنصر المراد إضافته إلى درجة حرارة يتفكك فيها المركب الكيميائي و يصبح عندها العنصر السبائكي عنصرا فعالا من جهة و من جهة أخرى تصبح سرعة الانتشار ملائمة لانتشار هذا العنصر داخل سطح القطعة يمكن بهذه الطريقة إضافة الكثير من العناصر السبائكية على بنية الفولاذ ألا أنها لا تزال مقتصرة على بعض العناصر مثل الكربون و الازوت والألمنيوم و الكروم و السيليسيوم البور لذلك فإننا نستطيع تصنيف عمليات المعالجة تلك إلى أربعة أنواع:

1- الكربنة

2- النترجة

3- المعالجة بالسيانيد (لإضافة كل من الكربون و الازوت)

4- المعالجة بالمعادن

الكربنة أو التسميت

تستعمل هذه الطريقة عندما يراد من القطعة أن تتصف بلب طري متين و سطح قاس مقاوم للطرق و الاحتكاك و أفضل ما يحقق الشروط الأولى هو الفولاذ الكربوني الذي لا تزيد نسبة الكربون فيه عن ٪ 00.2 و باختلاف الأوساط المستعملة في الكربنة كأوساط محتوية على الكربون (صلبة-مائعة-غازية) هناك ثلاثة أشكال لهذه العملية:

1- الكربنة في وسط صلب:

طريقة قديمة و لا تزال تستخدم, توضع القطعة المراد معالجتها في صندوق فولاذي حيث يوضع حولها مزيج من مسحوق فحم الخشب مع نسبة من كربونات البار يوم(10-

40٪) و يغلق الصندوق بشكل محكم ثم يوضع في فرن درجة حرارته بين 850 و 930 مئوية حيث يتم إبقاؤه في هذه الدرجة لفترة تتناسب مع سماكة الطبقة المراد الحصول عليها0في درجة الحرارة تلك يحترق الفحم المحيط بالقطعة بالا وكسجن مشكلا أول اوكسيد الكربون$2c+o_2 \rightarrow 2co$:و الذي لا يلبث أن يتحول إلى ثاني أكسيد الكربون $2co \rightarrow c+co_2$ فالفحم ينتشر داخل الفولاذ أما ثاني أكسيد الفحم فيعود ليؤكسد الفحم المتبقي في المسحوق $Co_2+c \rightarrow 2co$: أما ذرات البار يوم فوظيفتها هي زيادة سرعة التفاعلات السابقة و ذلك قبل وصولها إلى تلك الدرجة من الحرارة تتفكك $BACO_3 \rightarrow BAO+CO_2$:إن عمق الطبقة السطحية التي تتشبع بالفحم و توزع ذرات الفحم فيها أمران يتعلقان بنوع الوسط المستعمل من جهة و فترة الإبقاء في تلك الدرجة من جهة أخرى ،و الشكل التالي يبين العلاقة بين عمق الطبقة الغنية بالفحم بكل من درجة الحرارة و فترة التسخين.

2- الكربنة في وسط سائل:

تتم كربنة القطع في حوض من الأملاح المصهورة التي تحتوي على بعض مركبات الفحم التي من شأنها أن تتفكك أو تتشرد لتعطي سطح القطعة النسبة اللازمة من الفحم و الأملاح المستعملة لهذه الغاية عبارة عن خليط من كلوريد البار يوم و كلوريد البوتاسيوم و سيانيد الصوديوم تتم عملية الكربنة بصهر الخليط الملحي في بوتقة و رفع درجة حرارته إلى ما بين 820 و 930 مئوية ثم بتغطيس القطة المراد كربنتها في هذا السائل و ذلك بعد أن تكون قد سخنت في فرن أخر إلى مابين 400 و 500 مئوية و الفترة الزمنية التي تتم فيها الكربنة بهذه الطريقة نادرا ما تزيد عن 60 دقيقة حيث ترتفع نسبة الفحم في

الطبقة السطحية إلى حوالي 0.8٪ وسماكة هذه الطبقة يمكن أن تصل إلى 1.5 مم0و الطبقة السطحية الناتجة عن هذه العملية أكثر قساوة من مثيلتها التي نحصل عليها بالكربنة في وسط صلب

3- الكربنة في وسط غازي:

توضع القطعة المراد كربنتها في فرن مغلق يتم تسخينه من الخارج و يمرر فيه تيار من الغازات القادرة على إعطاء الفحم لسطح القطعة المعدنية. و أهم الغازات المستخدمة هي أول أكسيد الفحم، الميتان، البر وبان، البوتان و غيرها التحكم بنسبة الفحم في سطح القطعة وتوزعه باتجاه الداخل يتم عن طريق التحكم بدرجة الحرارة و سرعة التيار الغازي المستعمل ،فبازدياد سرعة التيار الغازي تزداد نسبة الفحم على السطح غير أنها تتناقص بسرعة اكبر باتجاه الداخل أي إن القشرة المكربنة تصبح أكثر إشباعا بالفحم و لكن اقل عمقا لذلك من السهل التحكم بسماكة الطبقة السطحية و نوعيتها و ضمن مجال واسع و ذلك بالتحكم بسرعة تيار الغاز

التقسية

إن الغاية الأساسية من عملية الكربنة هي إكساب سطح القطعة نسبة من الفحم أو بالأحرى تجعل بنيته قابلة للتحول إلى مارتنسيت للحصول على سطح قاس, إذن بعد الانتهاء من الكربنة لا بد من سقاية القطعة و تقسيتها والتقسية يمكن أن تتم بعد الانتهاء من الكربنة مباشرة أي بتبريدها تبريدا سريعا بعد رفعها من الفرن أو من الحوض الملحي مباشرة إلا أن هذه الطريقة غير مرغوب فيها لان درجة الحرارة المرتفعة تعمل على نمو بلورات الاوستينيت و بسقاية القطعة مباشرة من تلك الدرجة نحصل على بنية خشنة في

كامل القطعة لذلك فإن القطعة تترك غالبا بعد رفعها من الوسط المستعمل في الكربنة كي تبرد تلقائيا إلى درجة الحرارة العادية ثم يعاد تسخينها إلى ما بين 730 و 780 مئوية حيث تتحول بنيتها من جديد إلى اوستنيت ناعم عندئذ تتم تقسيتها بتغطيسها بحوض من الماء البارد أو الزيت و ذلك حسب نسبة الفحم التي اكتسبها سطح القطعة

النترجة

عندما تكون القطعة المراد تقسية سطحها ذات شكل معقد بحيث يمكن أن تتشوه نتيجة السقاية عندئذ يصبح من الأفضل معالجة سطح القطعة بالازوت بدلا من الفحم تتم النترجة بوضع القطعة المنتهية في فرن درجة حرارته بين 500 و 600 مئوية حيث يمرر فوقها تيار من غاز الامونيا NH3 الذي يتفكك إلى هيدروجين و أزوت على شكل ذرات فعالة و ذرات الازوت هذه قادرة على الانتشار عبر سطح القطعة حيث تتشكل مع الحديد نتريد الحديد الذي تصل نسبته في سطح القطعة إلى 11٪0 و أن سماكة الطبقة السطحية القاسية الناتجة تتعلق بدرجة الحرارة المستعملة و بزمن الإبقاء في هذه الدرجة و الشكل التالي يبين تغيير سماكة الطبقة النتريدية بتغيير هذين العاملين

المعالجة بالسيانيد (الكربونتردة)

هذه الطريقة تجعل الطبقة السطحية لقطع الفولاذ محتوية على كل من السمنتيت ونتريد الحديد مما يجعل سطح القطعة أكثر مقاومة للتآكل بالاحتكاك و أكثر قساوة كما أن الفترة الزمنية للمعالجة اقل بكثير من تلك اللازمة للنترجة أو الكربنة. و المعالجة بالسيانيد يمكن أن تتم في وسط صلب مثل أملاح السيانيد أو في وسط سائل مثل مزيج من الأملاح المصهورة ككلور الصوديوم و كلور البوتاسيوم و كلور الباريوم و كربونات الصوديوم أو في وسط غازي حيث تستعمل هذه الطريقة مع القطع ذات

الأشكال المعقدة بوضعها في فرن مغلق درجة حرارته بين 850 و 900 مئوية و يمرر فوقها تيار من الغازات المحتوية على غاز الامونيا و بعض الغازات المعطية للفحم ،حيث تكسب سطح القطع خواص جيدة إلا أنها تحتاج إلى حذر و حيطة شديدين كون أملاح السيانيد سامة و مميتة

المعالجة بالمعادن

1- المعالجة بالالومنيوم الالومينيوم من أهم العناصر السبائكية التي تجعل الفولاذ مقاوما للحرارة، و أكثر الطرق المستخدمة هي تغليف القطعة المراد معالجتها بمزيج من مسحوق الالومينيوم و أكسيد الالومينيوم ثم توضع في فرن درجة حرارته حوالي 900 مئوية حيث تبقى من 6 إلى 10 ساعات و بهذا تكتسب طبقة سطحية غنية بالالومنيوم يبلغ عمقها من 0.3 إلى 0.8 مم .

2- المعالجة بالكروم :إضافة الكروم إلى الفولاذ تكسبه مقاومة كبيرة للتأكسد و الذوبان في بعض الحموض بالإضافة إلى انه يزيد من قساوة الفولاذ و مقاومته للطرق غير أن الكروم من المعادن الغالية الثمن ،حيث تتم المعالجة بتغليف القطعة المراد معالجتها بمزيج من مسحوق الفركروم مع حمض كلور الماء حيث توضع مع هذا المزيج في صندوق محكم الإغلاق ثم في فرن تبلغ حرارته 1050 مئوية و لمدة لا تقل عن 20 ساعة،و بهذا نحصل على طبقة سطحية قاسية جدا و مقاومتها الكيميائية لا بأس عليها و عمق هذه الطبقة نادرا ما يزيد عن0.05 مم.

3- المعالجة السيليسيوم :السيليسيوم من العناصر التي تزيد مقاومة خلائط الحديد للحموض إلا أن إضافته بنسبة كبيرة يجعل هذه الخلائط ذات مقاومة جيدة للحموض

تجعلها ذات بنية هشة جدا و أشبه بالزجاج(الحديد الصب المسمى بالفروسيل) و معالجة سطح بعض القطع الفولاذية يجعلها تمتاز بسطح أشبه بالفروسيل, وتتم هذه العملية بتغليف القطعة بمسحوق الفروسيليسيوم ثم وضعها مع هذا المسحوق في صندوق محكم الإغلاق ثم في فرن درجة حرارته 1100 مئوية و لمدة تتراوح بين 10 و 12 ساعة و بهذا تتكون على سطح القطعة طبقة غنية بالسيليسيوم .

تأثير زمن الكربنة الغازية على الخواص الميكانيكية للفولاذ المنخفض الكربون

تعتبر الكربنة الغازية إحدى تقنيات المعالجة السطحية المستخدمة لتحسين خواص سطوح المحاور والمسننات وعناصر الآلات المعرضة للاجهادات، ولزيادة متانة التعب و الاهتراء والحصول على قساوة سطحية عالية.

تم تطبيق الكربنة الغازية عند الدرجة 910^0C لمدة (10،5) ساعة، بهدف تحسين الخواص الميكانيكية لأحد أنواع الفولاذ المنخفض الكربون المستخدم محلياً في تصنيع بعض عناصر الآلات.

أظهر البحث أن زيادة زمن دورة الكربنة يؤدي إلى زيادة العمق الفعال والعمق الكلي للقشرة المصلدة، وإلى تحسين متانة الشد والخضوع وتناقص الاستطالة وزيادة القساوة السطحية.

وتهدف معالجة السطح الخارجي إلى

1. تحسين مقاومة السطح الخارجي للتآكل وتطوير المقاومة الخارجية للمادة مقارنة بكامل الجسم وتجري هذه العملية لكل من المواد الحديدية وغير الحديدية من خلال عملية التغطية أو التغليف.

2. زيادة صلادة السطح الخارجي وتحسين الخواص الميكانيكية، وزيادة مقاومة السطح للحت والاهتراء في حالة تعرض السطح لاحتكاكات خارجية مع احتفاظ بقية الجسم بالمتانة. وهذه المواصفات مطلوبة في كثير من التطبيقات الصناعية خاصّةً الفولاذ المستخدم في صناعة عناصر الآلات كالمسننات بأنواعها والمحاور. .الخ. وتعرّف هذه المعالجة باسم تصليد التغليف للفولاذ case hardening of steel.
3. إكساب المادة مظهراً خارجياً جذاباً، وإضفاء مسحة جمالية عليه ويتم ذلك بتغطية السطح بمواد معدنية أو من خلال عمليات الطلاء.

المعالجة الحرارية الكيميائية للفولاذ

يعتمد في هذا النوع من المعالجة على تغيير التركيب الكيميائي للقشرة السطحية للفولاذ، وذلك عن طريق انتشار ذرات العناصر المضافة في سطح القطعة، وبذلك تتغير خواص الطبقة السطحية عن لبها.

المعالجة الحرارية الكيميائية السطحية للفولاذ

تتلخص بما يلي :

1. وضع القطعة المراد معالجتها السطحية في وسط صلب أو سائل أو غاز يحوي العنصر المراد إضافته بشكل حر أو على شكل مركب كيميائي قابل للتفكك.
2. رفع درجة حرارة القطعة مع الوسط الحاوي على العنصر المراد إضافته إلى درجة الحرارة التي يتفكك فيها المركب الكيميائي، وعندها يصبح العنصر فعالاً وتصبح سرعة الانتشار ملائمة لانتشار هذا العنصر داخل سطح القطعة، وهذا يتطلب المحافظة على درجة الحرارة فترة معينة من الزمن حتى يتم الانتشار بالشكل المطلوب.

والطرق الرئيسة المتبعة هي:

1. الكربنة.
2. النتردة(النترجة).
3. السيندة(الكربونترده).
4. المعالجة بالمعادن (الألمنيوم، الكروم، البورون. ...الخ)

يهدف البحث إلى تطبيق الكربنة الغازية كإحدى طرق المعالجة السطحية لأحد أنواع الفولاذ منخفض الكربون المستخدم محلياً في تصنيع بعض عناصر الآلات (كالمحاور، المسننات بأنواعها، البراغي، الصواميل، أجزاء السلاسل) بغية تحسين الخواص الميكانيكية لتقاوم الاحتكاك والشد.

عمليات الكربنة carburizing processes

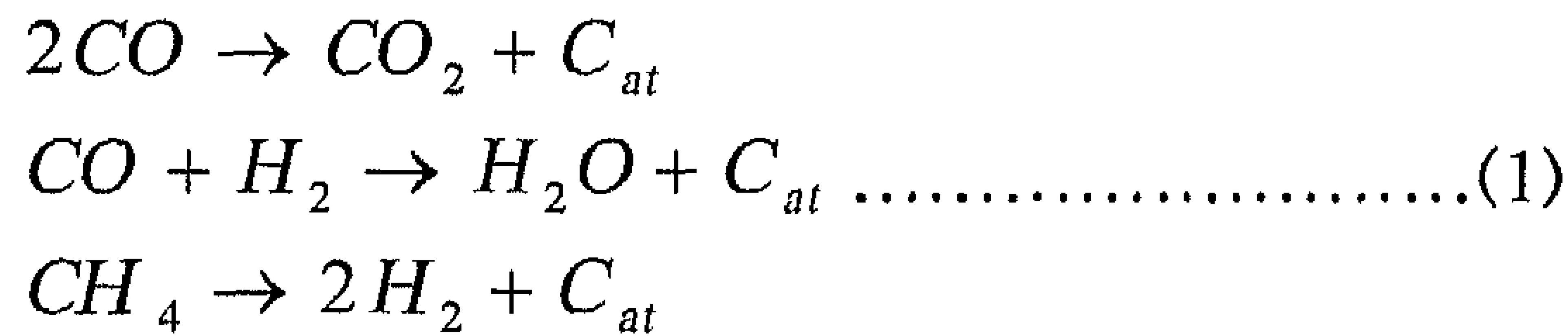
تعتبر عمليات الكربنة من أقدم عمليات المعالجة الحرارية الكيميائية للفولاذ وأوسعها انتشاراً. والهدف من عملية الكربنة بشكل رئيس هو إشباع الطبقات السطحية للفولاذ بالكربون. تطبق عمليات الكربنة على الفولاذ منخفض الكربون low carbon steel والفولاذ منخفض السبائكية low alloy steel حيث لا تزيد نسبة الكربون عن (0.25%C)، وهذا يعني تكوين طبقة سطحية غنية بالكربون (حيث يكون المعدن الأصلي بالأساس منخفض الكربون)، ويبقى القلب (المنخفض الكربون) طريا متينا حتى بعد تعرّض الطبقة السطحية المكربنة للتقسية. وتتنوع طرق الكربنة تبعا للوسط الذي تجري فيه (صلبة، سائلة، غازية، بالخلاء).

الكربنة الغازية gas carburizing

تعتبر الكربنة الغازية من الطرق المهمة لتحسين خواص سطوح عناصر الآلات المعرضة للاجهادات، وللحصول على قساوة سطحية عالية، ولتحسين الخواص الميكانيكية، ولزيادة متانة التعب ومقاومة الاهتراء.

تجري الكربنة الغازية بتسخين المنتج في وسط من الغازات المحتوية على الكربون عند درجات حرارة تتراوح بين(900 و 950) درجة مئوية. تستعمل لتنفيذ هذه العملية غازات تحتوي على الكربون مثل أول أوكسيد الكربون والكربونات الهيدروجينية، حيث تتفكك في درجة حرارة العملية مكونة الكربون الذري.

تعتبر الكربونات الهيدروجينية المشبعة (CnH2n+2) (ميثان، ايثان، بروبان، بوتان....الخ) من أكثر المكربنات الغازية المستخدمة لتحقيق هذا الهدف. كما وتتم الكربنة الغازية باستعمال مواد ايدروكربونية (الكاز،الكيروسين، البنزين) حيث يتم تزويدها إلى الفرن بطريقة الرزاز وبشكل مستمر إلى فرن الكربنة حيث تتفكك إلى مزيج غازي من الميثان وأول أوكسيد الكربون والهيدروجين الحر حيث تحدث التفاعلات الآتية:



$$2CO \rightarrow CO_2 + C_{at}$$
$$CO + H_2 \rightarrow H_2O + C_{at} \quad \text{........................(1)}$$
$$CH_4 \rightarrow 2H_2 + C_{at}$$

الكربون ينتشر داخل المعدن

إن معدل تشكل القشرة في عملية الكربنة يتعلق بعدة عوامل:

1. المحتوى الكربوني في جو الفرن.
2. معامل انتقال الكربون عبر السطح.

3. معدل انتشار الكربون داخل الفولاذ وهذا يزداد بازدياد درجة الحرارة وزمن المعالجة.

يعبر عن عمق طبقة الكربنة carburizing case depth من خلال العلاقة (2)

$$x = \frac{0.79\sqrt{D.t}}{0.24 + \dfrac{(C_{x,t} - C_0)}{(C_s - C_0)}} - 0.7\frac{D}{\beta} \qquad (2)$$

X: عمق طبقة الكربنة (cm).

D: معامل انتشار الكربون في الأوستنيت (cm^2/S).

t: زمن الكربنة (s)

$C_{x,t}$: محتوى الكربون عند عمق x خلال الزمن t ($atoms/cm^3$).

C_0: التركيز الابتدائي للكربون داخل الفولاذ ($atoms/cm^3$).

C_S: المحتوى الكربوني في جو الفرن (تركيز الكربون على السطح) ($atoms/cm^3$).

β : معامل انتقال الكربون إلى سطح الفولاذ (cm/s).

يوجد تعبيران مهمان في التصليد الكربوني للسطوح هما[1،5]:

1. العمق الفعال للقشرة Effective case depth(ECD):العمق بدءاً من السطح باتجاه النواة الذي تتكون عنده القساوة مساوية 550HV.

2. العمق الكلي للقشرة Total case depth (TCD): العمق بدءاً من السطح باتجاه النواة الذي تكون عنده القساوة أكبر من قساوة النواة بـ10%.

تتكون طبقة الكربنة من ثلاث مناطق[2،3]:

1. طبقة السطح التي تحتوي أكثر من 0.8-0.9%C وتملك هذه الطبقة بنية البرليت والسمنتيت وهذا ما يدعى منطقة فوق اليوتكتوئيد.
2. منطقة اليوتكتوئيد المحتوية على كمية كربون حوالي 0.8%C.
3. منطقة تحت اليوتكتوئيد التي تحتوي أقل من 0.7%C.

وهكذا يتغير محتوى الكربون تدريجيا حتى الوصول إلى البنية الأصلية في النواة.

معامل انتقال الكربون β Carbon transfer coefficient

يكون معدّل الكربنة عالياً عندما يكون جو الفرن يحتوي على كمية كبيرة من الغازات المُكربنة carburant gases المتدفقة J[5].

إن تدفق الغاز المكربن يعطى بالعلاقة الآتية:

$$J = \frac{Mc}{S.t} \qquad (3)$$

حيث:

J: تدفق الغاز المُكربن ($atoms/cm^2.s$).

Mc : كمية الكربون المنتقلة عبر السطح (atoms).

S: مساحة السطح cm^2.

t: الزمن (s).

خلال تشكل غاز CO في جو الفرن، فإن الكربون الذري ينفصل وينتشر داخل الفولاذ، لكن في المراحل الأولى فإن الأوكسجين يُمتص إلى داخل سطح الفولاذ وهذا بدوره يشكل مقاومة لانتقال الكربون، وبعد فترة من الوقت فإن الأوكسجين يتحول إلى طور غازي مثل (O_2،CO_2،H_2O) [6].

يعطى معامل انتقال الكربون من خلال العلاقة (4)[7]:

$$\beta = \frac{AK_4.P_{co}.\sqrt{P_{H2}}}{a_c + B.K_4.P_{co}.\sqrt{P_{H2}}} \quad (4)$$

حيث إنّ:K_4 ثابت يتعلق بدرجة حرارة المعالجة.

$$K4 = \frac{7130}{T} - 7.494$$

T: درجة الحرارة المطلقة (K).

a_c: فاعلية الكربون وتتعلق بالمحتوى الكربوني في جو الفرن.

P: الضغط الجزئي.

تعتمد قيمة β على العوامل التالية:

1. تركيب جو الفرن (الغازات المتشكلة بجو الفرن).
2. درجة الحرارة.
3. ممانعة انتقال الكربون بسبب امتصاص الأوكسجين.

معامل انتشار الكربون Coefficient of carbon diffusion D:

يعتمد معدل انتشار الكربون في الأوستنيت عند درجة حرارة محددة على عاملين أساسيين هما[8]:

1. معامل انتشار الكربون في الفولاذ D.

يمكن أن يعرف معامل انتشار الكربون في الاوستنيت من قوانين فيكز للانتشار Fick's laws

أ- يعطى القانون الأول للانتشار من خلال العلاقة:

$$J = -D\frac{\partial c}{\partial x} \qquad (5)$$

J: التدفق ($atoms/cm^2.s$).

C: تركيز الكربون ($atoms/cm^3$).

X: العمق عند الزمن t (cm).

D: معامل الانتشار (cm^2/S).

ب- يعطى القانون الثاني للانتشار من خلال العلاقة:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D\frac{\partial^2 C}{\partial^2 X} \qquad (6)$$

$$D = 0.2e\frac{-16608}{T}$$

يصبح قانون فيكز للانتشار وفق العلاقة الآتية:

$$\frac{C_{x,t} - C_0}{C_s - C_0} = 1 - erf\left(\frac{X}{2\sqrt{D.t}}\right) \qquad (7)$$

erf : معامل تصحيح يعطى بجداول خاصة.

2. تدرج تركيز الكربون carbon concentration gradient في الفولاذ المعالج.

مواد وطرق البحث:

أجري البحث على عينات من الفولاذ المنخفض الكربون المستخدم محليا في تصنيع بعض عناصر الآلات حيث تم أخذ العينات من قضبان طويلة وتم خراطتها إلى القطر

14mm وقصها بالمخرطة إلى الطول 15mm وبعد ذلك تم تنعيمها بورق صنفرة بـدءا مـن الدرجة 400 وصولا للدرجة 1200.

ويبين الجدول (1) التركيب الكيميائي للفـولاذ المستخدم حيـث أجـري اختبـار التحليل الكيميائي باستخدام جهاز التحليل الطيفي للمعادن في مخبر تحليل المعادن في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعـة تـشرين حيـث تـم أخـد ثـلاث قـراءات و أُخـذ المتوسط للقراءات الثلاث.

الجدول (1) يبين التركيب الكيميائي للفولاذ المستخدم

العنصر	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
النسبة المئوية	97.0	0.148	0.0254	1.49	0.08	0.369	0.076	0.109

التجارب والاختبارات:

1. الكربنة الغازية:

تم إجراء الكربنة الغازية في مؤسسة معامل الدفاع، حيث وضعت العينات في بوتقـة كبيرة داخل فرن الكربنة من أجل إخراج العينات عند الزمن المطلوب مع استمرار تـشغيل الفرن، وتـم التسخين إلى الدرجة 910^0C لمدة (10,5) ساعة مع تذرير الكاز بشكل مـستمر إلى داخل الفرن.

برنامج المعالجة الحرارية(تم تحديد برنامج المعالجة الحرارية بناء على البرنـامج المتبـع في المؤسسة)

1. دورة الكربنة Carburizing cycle

- التسخين حتى الدرجة 910 والإبقاء عند هذه الدرجـة لمـدة 5 سـاعات ثـم التبريـد البطيء مع الفرن.

- التسخين حتى الدرجة 910 والإبقاء عند هذه الدرجة لمدة 10 ساعات ثم التبريد البطئ مع الفرن.

2. التقسية Quenching

- التسخين إلى الدرجة 810^0C والإبقاء عند هذه الدرجة لمدة 4 دقائق ثم التبريد بالماء.

3. الإرجاع Tempering

- التسخين إلى الدرجة 200^0C لمدة ساعة واحدة ثم التبريد بالهواء.

اختبار البنية والقساوة Hardness and microstructure testing:

أجري اختبار القساوة الميكروية Microhardness والبنية المجهرية في مؤسسة معامل الدفاع. تصل قوة تكبير المجهر الضوئي فيه إلى 1000X.

تعطى قساوة فيكرز وفق العلاقة الآتية:

$$HV = 1.8544 \frac{p}{d^2}\left[kg / mm^2\right] \qquad (8)$$

P: الحمل المطبق [Kg] .

d: متوسط قطر الأثر الذي يتركه الهرم [mm].

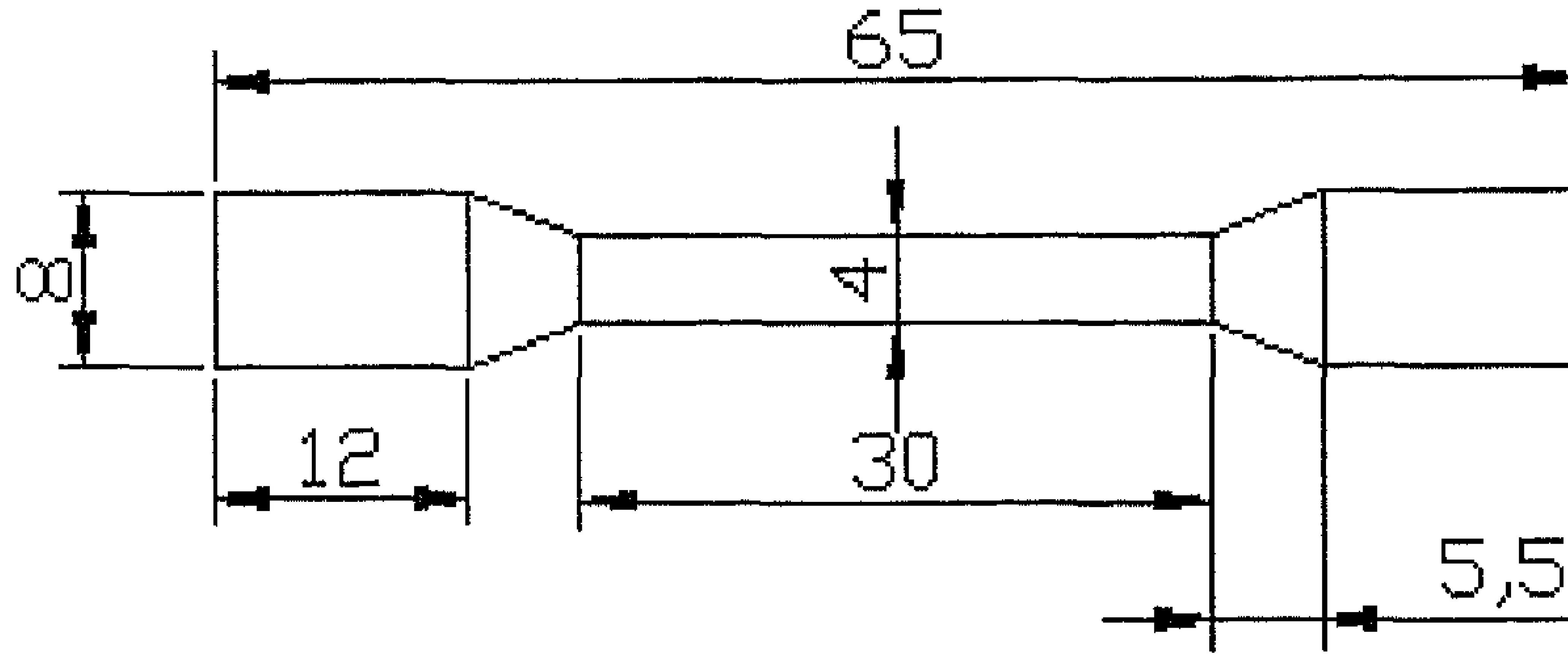
الحمل المطبق أثناء الاختبار يساوي 400 gr.

خضعت العينات المعالجة إلى عمليات ميكانيكية (جلخ وصقل)، ولعمليات كيميائية (تخريش في محلول حمض الآزوت بتركيز 4%).

اختبار الشد Tensile test

تم إجراء اختبار الشد في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة دمشق على آلة نوع Inestron بريطانية الصنع مزودة براسم بياني الكتروني لمنحني الشد.

تم تحضير عينات الشد وفقا للمواصفة الأمريكية(ASTM E8)، حيث تم خراطة العينات إلى الأبعاد المبينة بالشكل (1)، وبعد الخراطة تم تنعيم العينات بواسطة ورق صنفرة بنعومة600.



الشكل (1) أبعاد عينة الشد وفقا للمواصفة ASTM E8 الأبعاد بالـ mm

اختبار البنية والقساوة

بعد إجراء عملية الكربنة والتقسية والإرجاع تم قياس تدرج القساوة الميكروية بدءاً من السطح باتجاه الداخل عن طريق إجراء مقطع عرضي، حيث كانت النتائج كما هو موضح بالجدولين (2،3) (أخذ متوسط ثلاث قراءات) (قساوة الفولاذ بدون معالجة 196 HV).

الجدول (2) يبين قيم القساوة الميكروية عند درجة حرارة المعالجة والزمن 5 ساعات

القساوة[HV]	العمق[mm]	القساوة[HV]	العمق[mm]
560	0.630	694	-
511	0.780	694	0.05
473	0.986	683	0.155
235	1.286	665	0.215
199	1.634	654	0.312
		644	0.496

الجدول (3) يبين قيم القساوة الميكروية عند درجة حرارة المعالجة والزمن 10 ساعات

القساوة[HV]	العمق[mm]	القساوة[HV]	العمق[mm]
615	0.630	715	-
585	0.780	711	0.05
545	0.986	706	0.155
300	1.286	692	0.215
230	1.634	661	0.312
202	1.68	650	0.496

ويكون العمق الفعال والكلي للقشرة المتشكلة كما هو موضح بالجدول (4)

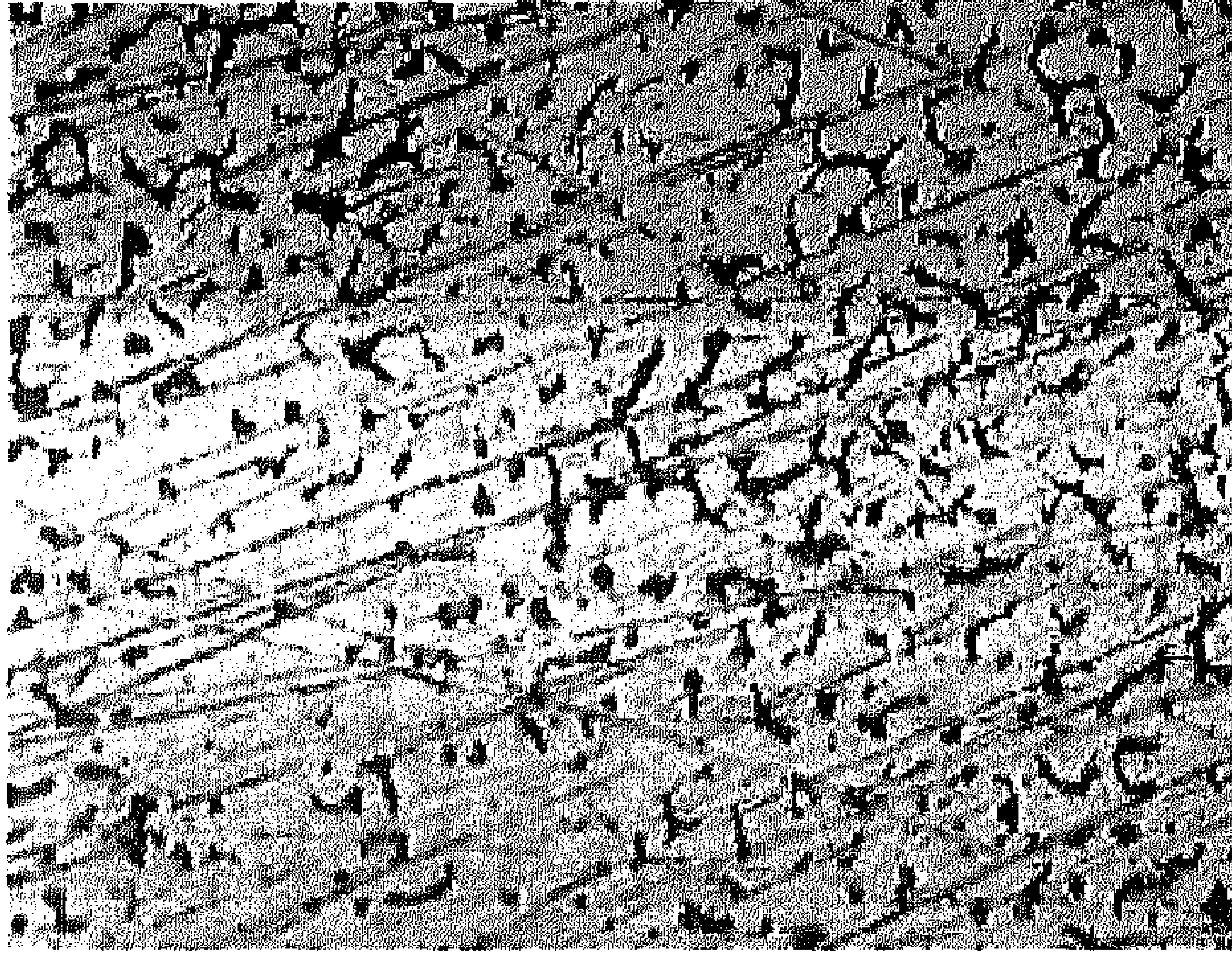
الجدول (4) يبين العمق الفعال والعمق الكلي للقشرة المتشكلة

زمن المعالجة [ساعة]	5 ساعة	10 ساعة
العمق الفعال[mm]	0.630	0.986
العمق الكلي[mm]	1.286	1.634

إن العمق الفعال والعمق الكلي للقشرة المتشكلة يتعلق بشكل مباشر بزمن المعالجة، فزيادة زمن المعالجة يؤدي لازدياد العمق الفعال والعمق الكلي.

بنتيجة الفحص المجهري للقشرة المصلدة فإن بنية القشرة المصلدة تتألف من المارتنسيت المراجع tempered martensite ونسب قليلة من الأوستنيت المتبقي retained austenite. إن نسبة الأوستنيت المتبقي تقل بدءاً من سطح القشرة باتجاه النواة

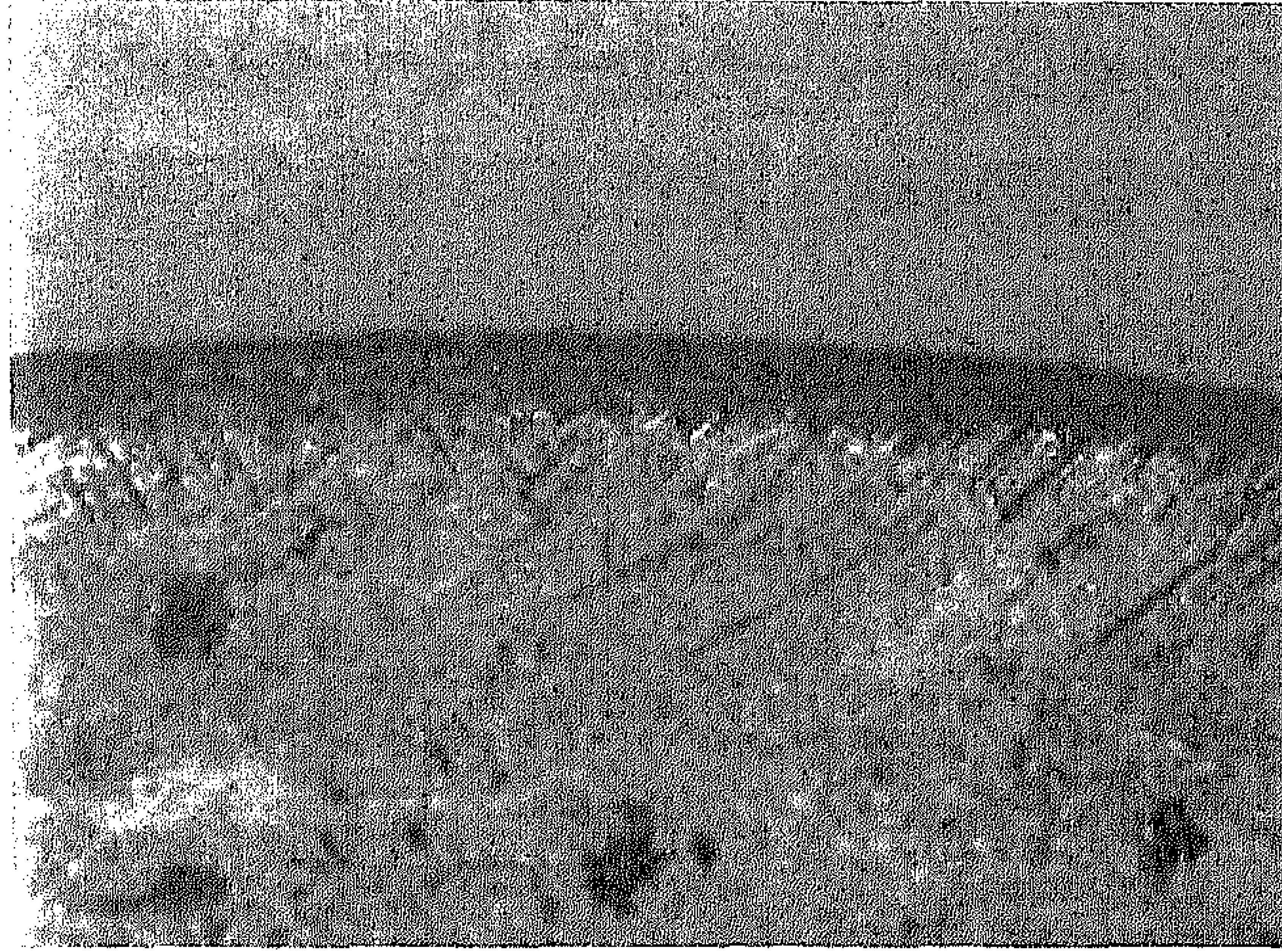
بسبب تناقص نسبة الكربون بدءاً من السطح، وهـذا يـؤدي لازديـاد درجـة حـرارة بدايـة التحول المارتنسيتي M_s ونهايته M_f. ويبين الشكل (2) القشرة المتشكلة على سطح الفولاذ عند درجة حرارة المعالجة والزمن (10،5) ساعة ويبين الشكل (3) التخطيط البياني لعلاقة القساوة الميكروية مع العمق تحت السطح.



A: البنية المجهرية للفولاذ

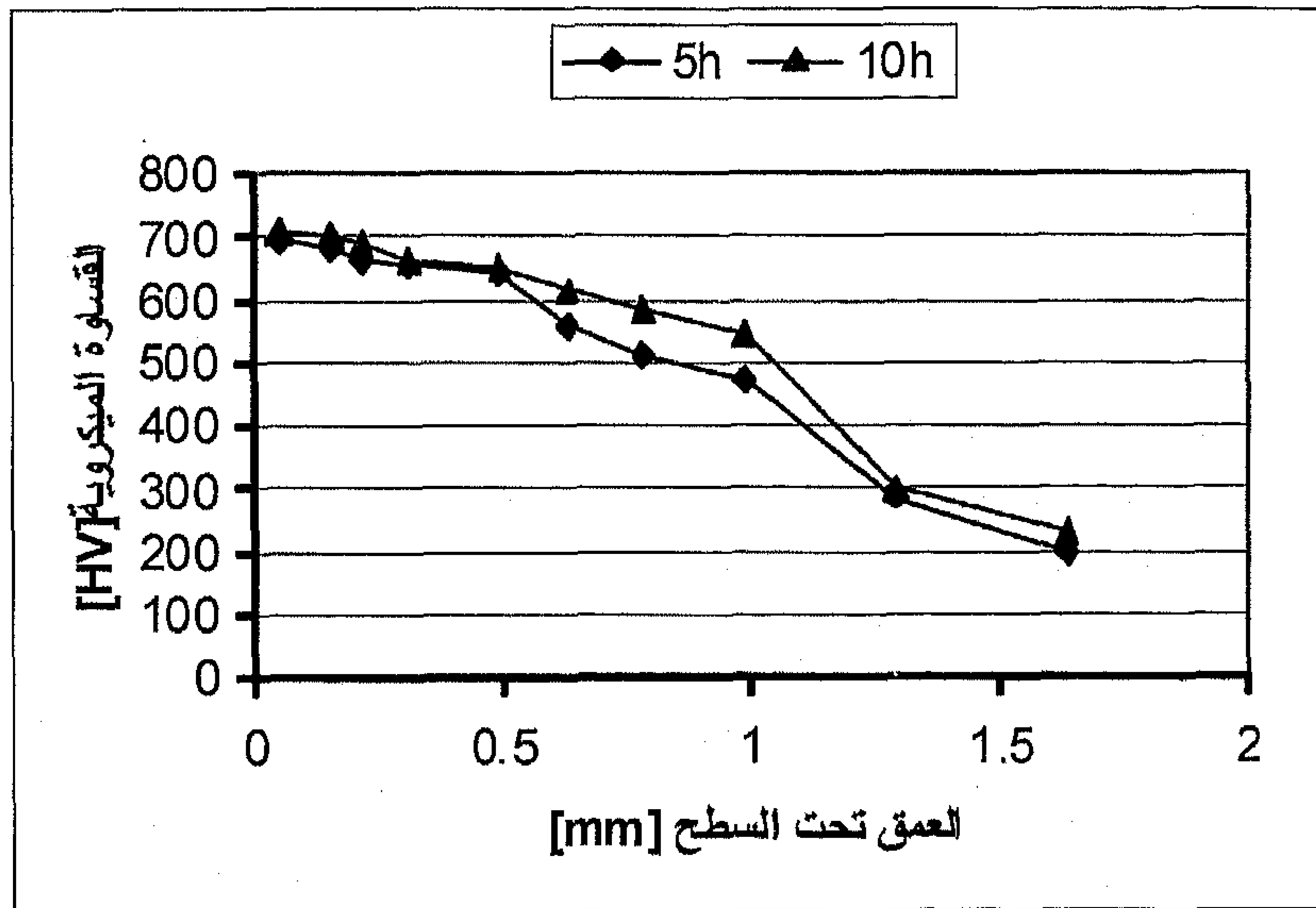


B: عند زمن 5 ساعات



C: عند زمن 10ساعات

الشكل (2) يبين البنية المجهرية للفولاذ قبل الكربنة والقشرة المتشكلة بعد عملية الكربنة عند تكبير50X



الشكل (3) التخطيط البياني لعلاقة القساوة الميكروية مع العمق تحت السطح

اختبار الشد

يبين الجدول (5) الخواص الميكانيكية للفولاذ المستخدم:

الجدول(5) الخواص الميكانيكية للفولاذ المستخدم

متانة الشد kg/mm^2	متانة الخضوع kg/mm^2	الاستطالة %
67	45	18.2

يبين الجدول (6) الخواص الميكانيكية المستنتجة من اختبار الشد بعد إجراء الكربنة الغازية (تم أخذ متوسط ثلاث قراءات).

الجدول(6) الخواص الميكانيكية للفولاذ المستخدم بعد إجراء عملية الكربنة الغازية

زمن المعالجة [ساعة]	نسبة الكربون على السطح %	متانة الشد kg/mm2	متانة الخضوع kg/mm2	الاستطالة %
5	0.921	91.69	70.46	11.9
10	0.964	102.7	73.24	10.22

نلاحظ ازدياد متانة الشد والخضوع tensile and yield strength بازدياد زمن المعالجة، حيث ازدادت متانة الشد بنسبة 35% عند زمن 5 ساعات إلى 52% عند زمن 10 ساعات، وازدياد متانة الخضوع بنسبة 56% عند زمن 5 ساعات إلى 62% عند زمن 10 ساعات. بينما تناقصت الاستطالة بنسبة 34% إلى 43% عند زمن5،10 ساعة.

تتعلق الخواص الميكانيكية للفولاذ المكربن بنسبة الاوستنيت المتبقي في القشرة وهذا يتعلق بدرجة حرارة بداية التحول المارتنسيتي M_s ونهايته M_f، فالفولاذ الذي يحتوي على نسبة كربون أعلى من 0.7% في القشرة فإن، درجة حرارة M_f تقع تحت درجة حرارة الغرفة ونتيجة لذلك، لا يتحول كامل الأوستنيت إلى مارتنسيت.

تؤثر الاجهادات المتبقية في القشرة والنواة على بقية الخواص الميكانيكية كالتعب والالتواء والاهتراء، حيث تنشأ الاجهادات المتبقية نتيجة التأثير المتبادل بين القشرة والنواة خلال عملية التقسية، و نتيجة لذلك تنشأ إجهادات ضاغطة متبقية في الطبقة السطحية واجهادات شد متبقية في النواة، تشكل هذه الاجهادات الضاغطة يحسن خواص الفولاذ أثناء تعرض الفولاذ لاجهادات التعب والالتواء، وترفع مقاومة الفولاذ للاهتراء.

الاستنتاجات والتوصيات

1. بالنظر إلى الاختبارات الميكانيكية (قساوة – شد)، يمكن أن نخلص إلى أن استخدام الكربنة الغازية أدت إلى تحسن الخواص الميكانيكية (متانة الشد، متانة الخضوع)، وإلى زيادة قيمة القساوة السطحية بمقدار 3.5 مرة التي تؤدي لزيادة مقاومة سطح الفولاذ للاحتكاك.
2. إن مضاعفة زمن المعالجة أدى إلى ازدياد العمق الفعال والكلي للقشرة المتشكلة على السطح.
3. اختلاف قيم القساوة الميكروية عند العمق نفسه، وهذا يعود لوجود الاوستنيت المتبقي.
4. تحديد نسبة الاوستنيت المتبقي في القشرة بشكل دقيق تبعا للعمق باستخدام جهاز حيود أشعة X عند أزمان مختلفة للمعالجة.
5. دراسة تأثير المعالجات الانتشارية بالمعادن (كالكروم والبورون) بهدف رفع مقاومة الفولاذ للتآكل.

المراجـــع



المراجع العربية

1. عزيمة،خليل؛ خزندار، محمد خميس؛ الحلبي، بسام. المعالجة السطحية للفولاذ بالكربون، جامعة دمشق.2002، 122.

2. هترة،علي. المعالجات الحرارية للمعادن، منشورات جامعة تشرين، 2000، 331.

3. يولاختين. علم المعادن والمعاملة الحرارية للمعادن، دار مير للطباعة والنشر، موسكو1983، 446.

4. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية سلسلة العلوم الهندسية المجلد (29) العدد (1) 2007

5. علم المواد الهندسية للمهندس محمود أحمد عمري (مكتبة المجتمع العربي للنشر و التوزيع) 2008

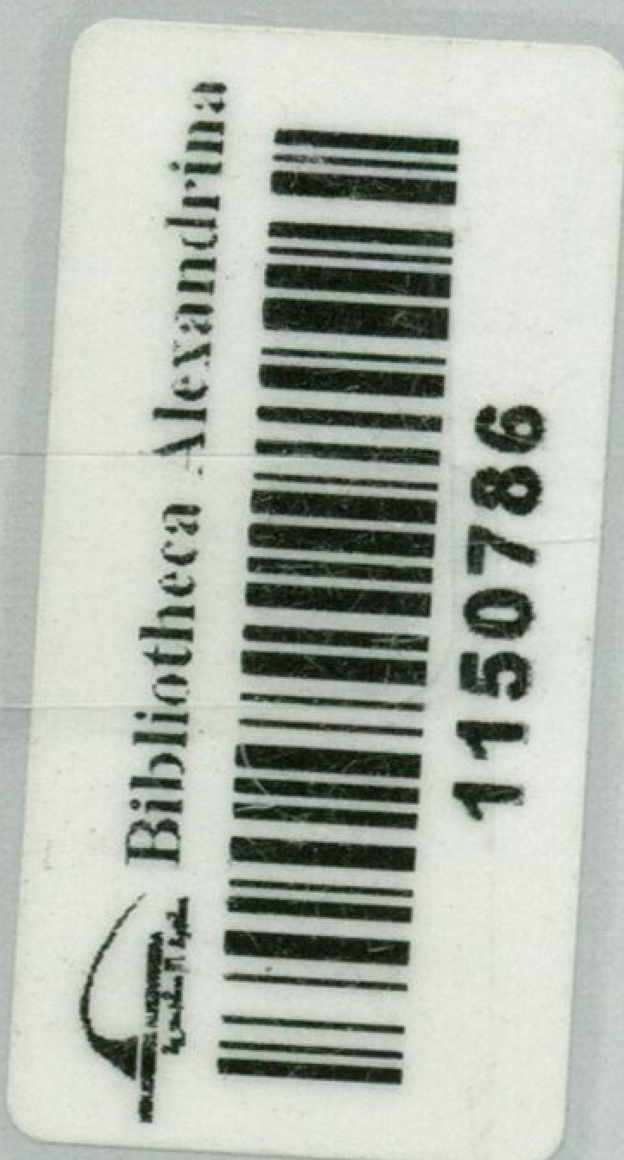
6. المعادن (خواصها-اختباراتها - معالجتها الحرارية) للدكتور المهندس جميل أبو جهجاه كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية جامعة دمشق. 1998-1999

المراجع الاجنبية

1. KRAUSS.Heat Treatment and Processing Principles, ASM International, Metals Park, OH, 1989, 291-305.
2. HIRSCHHEIMER, L.R, The Mathematical Basis for Carburization Processes. In Proceedings of 2nd International Conference on Carburizing and Nitriding with Atmospheres by ASM Internationals, Materials Park, OH, Dec 1995, 129-131.
3. PRASANNAN,P.C. Carburization of Steels – An Overview. Indian Journal of Engineering and Materials Sciences vol. 1, Aug 1994, 221-228.
4. RAIC K.T. Control of Gas Carburizing by the Diagram Method. in Scand. J. Metallurgy22, 50-54.
5. DISLER, W.D. Using On-line Predictive Computer Modeling to Optimize Heat-treat Processing. in Proceedings of 2nd International Conference on Carburizing and Nitriding with Atmospheres by ASM Internationals, Materials Park, OH; Dec 1995, 29-34.
6. DONG,M, CHANG,Y. fatigue properties of plasma carburized low carbon Cr-Mo steel. ISIJ international, Vol.42, 2002,No9, 1042-1048.



Metal and Engineering Material







دار المناهج للنشر والتوزيع
Dar Al-Manahej Publishers

عمان-شارع الملك الحسين- عمارة الشركة المتحدة للتأمين
تلفاكس ٤٦٥٠٦٢٤ ص. ب ٢١٥٣٠٨ عمان ١١١٢٢ الأردن
E-mail: manahej9@hotmail.com